

Vesa-Matti Kivilahti

TÄRPÄTIN HAVAITSEMINEN JÄTEVESIKANAAALISSA

TÄRPÄTIN HAVAITSEMINEN JÄTEVESIKANAAALISSA

Vesa-Matti Kivilahti
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t): Vesa-Matti Kivilahti
Opinnäytetyön nimi: Tärpätin havaitseminen jätevesikanaalissa
Työn ohjaaja(t): Tero Hietanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 67 + 2 liitettä

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaas. Työn tarkoituksena oli selvittää mittalaitetekniikkaa, jonka avulla voidaan ehkäistä sulfaattiselluloosaprosessin sivutuotteena saatavan raakatärpätin joutumista ympäristöön jäteveden mukana. Sellutehtaan talteenottolinjan jätevesiä valvotaan johtokykymittauksin, jotka eivät havaitse jäteveden sekaan poikkeus-tilanteissa päätyntä raakatärpättä.

Työssä perehdyttiin jäteveden sekaan päätyneen tärpätin havaitsemiseen soveltuvaan mittalaitetekniikkaan sekä pohdittiin laitteiden soveltuvuutta sellutehtaan jätevesikanaalin olosuhteisiin. Lisäksi työssä perehdyttiin raakatärpätin ominaisuuksiin ja talteenottoon sekä tärpättipitoisten jätevesien muodostumiseen sellutehtaalla.

Työn edetessä selvisi, että tärpätin havaitseminen vesifaasista jäteveden analysointiin tarkoitetuilla mittalaitteilla on erittäin haastavaa. Jäteveden analysoinnin sijaan voidaan tärpätti yrittää havaita siitä haihtuvan tärpättikaasun mittaamiseen soveltuvilla kaasuanalysointilaitteilla sekä kaasuhälyttimillä. Työssä testattiin kahden kaasuhälyttimen kykyä havaita tärpättikaasua sekä arvioitiin laitteiden soveltuvuutta sellutehtaan jätevesikanaalin valvontaan. Testatuista laitteista IR-kaasuhälyttimen mittaustulokset vaikuttivat lupaavilta, sillä laite reagoi voimakkaasti tärpättikaasuun ja se havaitsi ajoittain korkeita kaasupitoisuuksia myös jätevesikanaalissa.

Asiasanat: tärpätti, sellutehdas, jätevesi, analysointilaitteet, kaasuhälyttimet

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaille. Työn valvojana toimeksiantajan puolelta on toiminut sellutehtaan tutkimuspäällikkö Ilkka Laakso ja työtä ohjaavana opettajana on toiminut lehtori Tero Hietanen Oulun ammatti-korkeakoulusta.

Haluan kiittää opinnäytetyön valvojaa Ilkka Laaksoa mielenkiintoisesta aiheesta ja kaikesta saamastani avusta sekä työn ohjaajaa Tero Hietasta ammatillisista neuvoista. Erityiskiitokset ansaitsevat myös Oulun Efora Oy:n työnsuunnittelija Jorma Jaakola, vanhempi automaatiosuunnittelija Tapio Mäkinen ja automaatiasentaja Jukka Rauvala sekä Stora Enso Oyj:n tuotantoinsinööri Sami Tiuraniemi, jotka olivat työssä tiiviisti mukana ja jakoivat hyviä neuvoja työn edistämiseksi.

Lopuksi haluan kiittää vielä perhettäni opintojeni tukemisesta.

Oulussa 28.4.2014

Vesa-Matti Kivilahti

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 OULUN SELLUTEHDAS	10
2.1 Kuitulinja	10
2.2 Talteenottolinja	11
2.3 Jäteveden käsittely	13
3 TÄRPÄTTI SULFAATTISELLULOOSAPROSESSISSA	14
3.1 Tärpätin ominaisuudet ja haittavaikutukset	14
3.2 Tärpätin talteenotto	16
3.3 Tärpättipitoisten jätevesien muodostuminen	19
4 TÄRPÄTIN MITTAUS	21
4.1 Jäteveden tärpättipitoisuuden mittaaminen	21
4.2 Tärpättikaasun mittaaminen	23
4.2.1 Kaasuanalysaattorit	23
4.2.2 Kaasuhälyttimet	27
4.2.3 Mittalaitteiden vertailu	33
5 KAASUHÄLYTTIMIEN ASENNUS JA TESTAUS	35
5.1 Kokeen suunnittelu	35
5.2 Honeywell Searchpoint Optima Plus IR	36
5.2.1 Laitteen kuvaus	36
5.2.2 Laitteen asennus	37
5.3 Näytteenottojärjestelmä	38
5.4 Testaus	41
5.4.1 GasAlertMicro 5 PID	41
5.4.2 Testaus kalibrointikaasulla	42
5.4.3 Testaus tärpättikaasulla	43
5.5 Näytekaasun kuivaus	45
5.6 Ion Science TVOC	47

5.6.1 Laitteen kuvaus	48
5.6.2 Laitteen asennus	49
5.6.3 Testaus	49
6 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY	55
7 YHTEENVETO	62
LÄHTEET	64
LIITTEET	
Liite 1 Sellutehtaan jätevesien muodostuminen	
Liite 2 Raja-arvoja Työterveyslaitoksen OVA-ohjeesta	

SANASTO

%V/V	Tilavuusprosentti
COD	Kemiallinen hapenkulutus (Chemical Oxygen Demand)
eV	Elektronivoltti
FID	Liekki-ionisaatioilmaisin (Flame Ionization Detector)
IR	Infrapuna (Infrared)
LEL	Kaasun alempi syttymisraja (Lower Explosive Limit)
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon)
PID	Fotoionisaatiodetektor (Photoionization Detector)
PPB	Miljardisosaa vastaava suhdeyksikkö (Parts Per Billion)
PPM	Miljoonasosaa vastaava suhdeyksikkö (Parts Per Million)
SLA	Sekundäärilauhde A eli haihduttamon puhtain lauhde
SLC	Sekundäärilauhde C eli haihduttamon likaisin lauhde
TOC	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (Total Organic Carbon)
Tärpähti	Sulfaattiselluloosaprosessin sivutuotteena saatava raakatärpähti
UEL	Kaasun ylempi syttymisraja (Upper Explosive Limit)
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Volatile Organic Compound)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Stora Enso Oyj Oulun tehtaat, josta tilaajan yhteyshenkilönä toimi sellutehtaan tutkimuspäällikkö Ilkka Laakso. Stora Enso Oyj:n Oulun tehdas on yksi maailman suurimmista ja nykyaikaisimmista puuvapaiden taidepainopapereiden valmistajista. Oulun tehtaan tuotteet on tarkoitettu korkealaatuisiin, vaativiin painotöihin, kuten vuosikertomuksiin, esitteisiin ja muuhun markkinointimateriaaliin sekä taide- ja kuvakirjoihin. Tehtaan tuotemerkit ovat LumiArt ja LumiSilk, joita avainasiakkaiksi määritellyt paperitukkuliikkeet myyvät myös omilla tuotemerkeillään. (1.)

Oulun tehtaat sijoittuvat Nuottasaaren tehdasalueelle, joka sijaitsee aivan Oulun keskustan tuntumassa (kuva 1). Tehdasalueen suunnittelu ja alueella toimivien laitosten integraatio mahdollistavat lähes kaikkien paperinvalmistuksessa tarvittavien raaka-aineiden sekä energian kuljettamisen putkia pitkin laitoksesta toiseen. Tehdasalueeseen kiinteästi liitetty Oritkarin satama tekee tuotteiden lopukäsittelyn tehokkaaksi ja helpottaa paperin toimittamista asiakkaalle. (1.)



KUVA 1. Stora Enso Oyj Oulun tehtaat (2)

Oulun sellutehdas tuottaa täysvalkaistua havusellua. Sellutehtaan 370 000 t:n tuotantokapasiteetista noin puolet pumpataan paikalliseen paperitehtaaseen. Kuvan 1 etualalla näkyvän paperitehtaan tuotantokapasiteetti on 1 125 000 t

vuodessa. Päämarkkina-alueet ovat Euroopassa, jonne suuntautuu noin kolme neljästä toimituksesta. (1.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä tärpättipitoisten jätevesien muodostumiseen sellutehtaalla sekä selvittää saatavilla olevan mittalaitetekniikan soveltuvuutta jäteveden sekaan päätyneen tärpätin havaitsemiseen. Ennen opinnäytetyön aloittamista Stora Enso Oyj oli tiedustellut tärpätin mittaamiseen soveltuvia mittalaitteita eri laitetoimittajilta, joista yksi oli jo ehtinyt toimittaa laitteensa tehtaalte testattavaksi. Työssä käydään läpi testattavaksi hankittujen mittalaitteiden asennus ja testaus sekä arvioidaan laitteiden soveltuvuutta jätevesien valvontaan tärpätin havaitsemiseksi.

2 OULUN SELLUTEHDAS

Sellutehdas voidaan jakaa karkeasti kahteen pääosaan: kuitu- ja talteenottolinjaan. Kuitulinjalla valmistetaan sellutehtaan lopputuote, kun taas talteenottolinjalla otetaan talteen selluloosan valmistuksessa käytetyt keittokemikaalit sekä keitossa saatavat sivutuotteet. (3.)

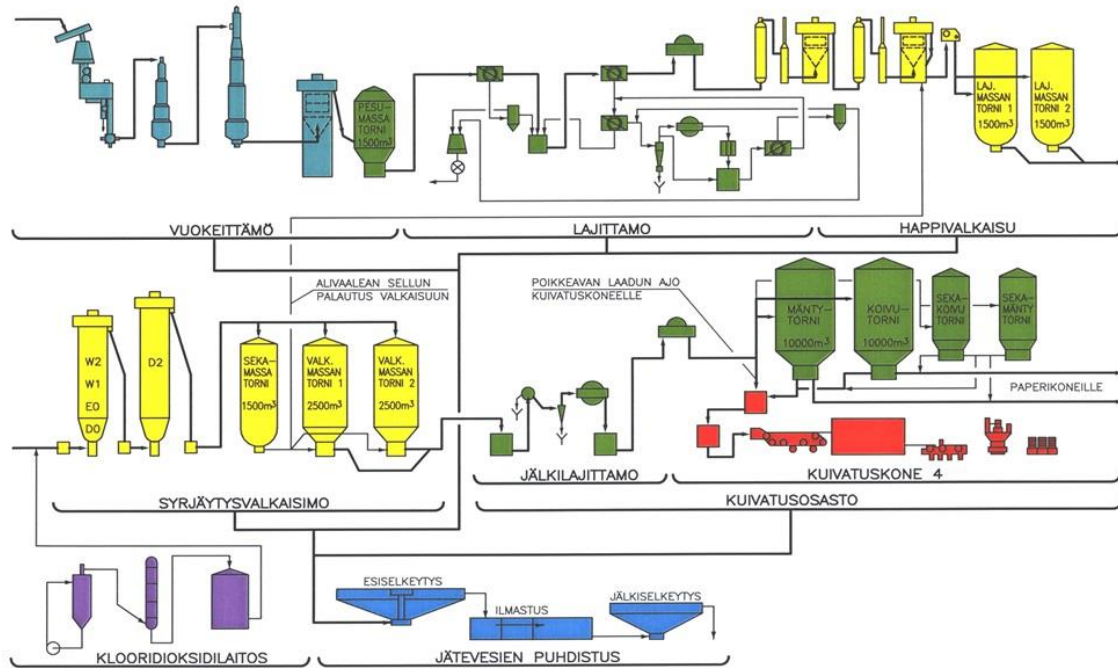
Oulun sellutehdas ottaa käyttövetensä viereisestä Oulujoesta. Vettä käytetään eri tuotantoprosesseissa muun muassa jäähdyttämiseen ja erilaisiin pesuihin. Prosesseissa syntyvien jätevesien laatua tarkkaillaan ja likaiset jätevedet puhdistetaan ennen vesistöön palauttamista. (3.)

2.1 Kuitulinja

Oulun sulfaattiselluloosatehdas saa raaka-aineensa viereiseltä kuorimolta, jossa havupuutukit kuoritaan ja haketetaan hakekentälle. Hake viedään kentältä kuljetinta pitkin sellutehtaan vuokeittämölle, missä sellua keitetään jatkuvatoimisesti. (3.)

Jatkuvatoimisessa eli vuokeitossa haketta ja kemikaaleja syötetään jatkuvasti keittimen yläpäähän ja massaa poistetaan alapäästä. Keiton tehtävänä on kemikaalien ja lämmön avulla poistaa hakkeesta ligniiniä, jotta hake kuituuntuu helposti. Lisäksi pyritään poistamaan puun uuteaineita, jotka voivat aiheuttaa vaahoamista ja saostumia prosessin myöhemmissä vaiheissa. Keiton jälkeen selluloosa pestään ja valkaistaan. (4, linkit Sulfaattisellun valmistus -> Kuitulinja -> Keitto -> Keittoprosessit -> Sellun keiton periaate.)

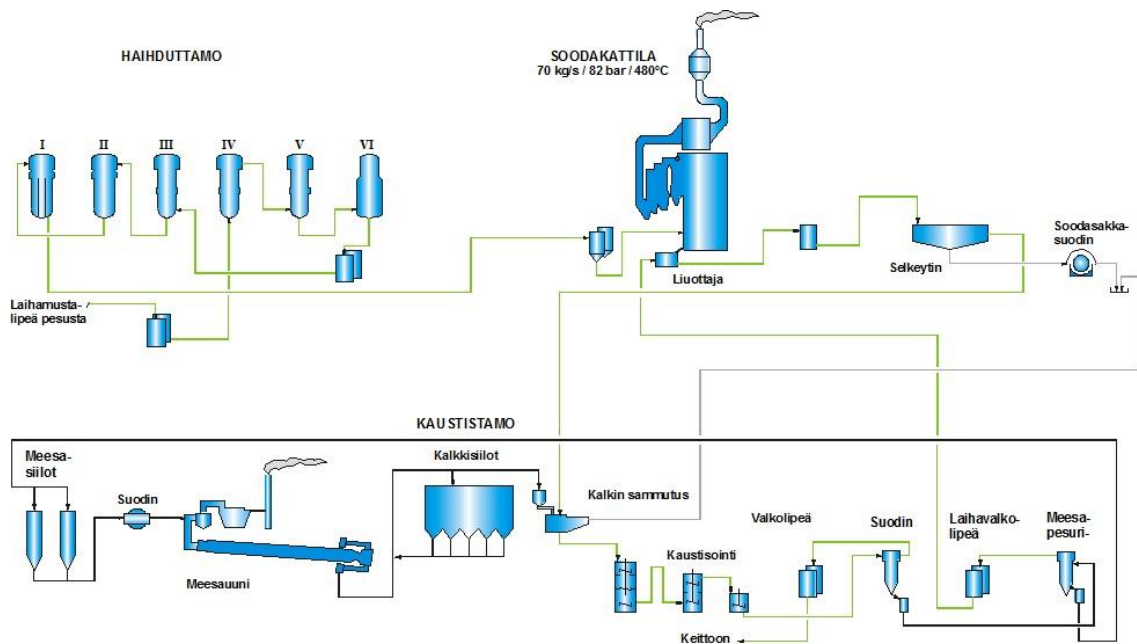
Sellutehtaalta osa selluloosasta pumpataan putkia pitkin suoraan paperitehtaal-le. Loput toimitetaan kuivaamolle, missä selluloosa kuivataan ja paalataan kuljetusta varten. Kuvassa 2 on havainnollistettu kuitulinjan toimintaa.



KUVA 2. Kuitulinja (3)

2.2 Talteenottolinja

Talteenottolinjalla keittokemikaalit otetaan talteen ja regeneroidaan uudelleen käytettäväksi. Samalla otetaan talteen prosessissa syntyviä sivutuotteita, kuten mäntyöljyä ja raakatärpättiä. Talteenottolinjan pääosat ovat haihduttamo, soodakattila, kaustistamo ja meesauuni (kuva 3). Talteenottolinjasta puhuttaessa käytetään usein termiä lipeälinja. (3.)



KUVA 3. Talteenottolinja (3)

Keitossa reagoivutta valkolipeää kutsutaan mustalipeäksi, joka sisältää myös orgaanista puuainesta ja muita keittokemikaaleja. Keittimestä poistuva mustalipeä viedään haihduttamolle, jonka tehtävä on poistaa mustalipeästä vettä, jotta mustalipeän kuiva-ainepitoisuus saadaan riittävän korkeaksi polttoa varten. Haihduttamo on myös tärkeä osa sivutuotteiden talteenottoa. (4, linkit Sulfaattisellun valmistus -> Talteenottolinja.)

Haihduttamolta mustalipeä viedään poltettavaksi soodakattilalle. Mustalipeän palaessa soodakattilan tulipesässä muodostuu soodakattilan pohjalle kemikaalisulaa, joka liuotetaan laihavalkolipeään. Muodostuvaa seosta kutsutaan viherlipoiksi. Mustalipeän orgaanisen osan palaessa vapautuvaa lämpöenergiaa käytetään höyryn tuottamiseen. Höyrystä saadaan tuotettua turbiinin ja generaattorin avulla sähköä. Lisäksi höyryä käytetään lämmittämiseen prosessin monissa eri vaiheissa. (4, linkit Sulfaattisellun valmistus -> Talteenottolinja.)

Viherlipoä viedään edelleen käsiteltäväksi kaustistamolle, missä siitä tehdään keitossa käytettävää valkolipeää sammutetun kalkin avulla. Syntyvästä valkolipeästä pitää kuitenkin vielä poistaa kaustisoinnissa muodostuvaa kalsiumkarbonaattia eli meesaa. Valkolipeä erotetaan meesasta erotuslaitteiston avulla, jonka jälkeen sitä voidaan jälleen käyttää keittimessä. Valkolipeästä erotettu

meesa muutetaan pyörivässä meesauunissa takaisin kalkiksi, jota käytetään uudelleen kaustisoinnissa. (4, linkit Sulfaattisellun valmistus -> Talteenottolinja.)

2.3 Jäteveden käsittely

Sellutehtaalla käytetään suuria määriä vettä jäähdytykseen sekä muihin erinäisiin tarkoituksiin. Käytännössä kaikki tarvittava vesi otetaan läheisestä Oulujoesta, mihin se myös käytön jälkeen palautetaan (3). Lisäksi prosesseihin tulee merkittäviä määriä vettä myös raaka-aineiden mukana. Oulujokeen palautettavien vesien valvonta on tärkeää, jotta sellutehtaan päästöt saadaan minimoitua.

Vesistöön palautettavat jätevedet ohjautuvat sellutehtaan eri osastoilta maan alla kulkeviin kanaaleihin. Jätevesien laatua valvotaan ja likaiset kanaalivedet ohjataan puhdistettavaksi aktiivilietelaitokselle ennen vesistöön palauttamista. Sellutehtaan jätevesien muodostumista on kuvattu liitteenä 1 olevassa kaaviossa. Lipeälinjalla syntyvien jätevesien käsittelyä käydään läpi tarkemmin luvussa 3.3.

3 TÄRPÄTTI SULFAATTISELLULOOSAPROSESSISSA

Tässä työssä tärpätillä tarkoitetaan sulfaattiselluloosaprosessin sivutuotteena saatavaa raakatärpättiä. Raakatärpätin ja siitä tislamalla jalostettavan tärpätin ominaisuudet ovat yhtäläiset (4, linkit Sulfaattisellun valmistus -> Kemikaalikierro -> Rinnakkaistuotteet -> Tärpätti).

Raakatärpätti on mäntyöljyn jälkeen sulfaattiselluloosaprosessin tärkein sivutuote. Tärpätti on peräisin havupuun uuteaineista, tarkemmin sanottuna pihkan helposti haihtuvista komponenteista. Havupuut sisältävät mono-, seskvi- ja diterpeenejä, joista sulfaattiprosessista saatavan raakatärpätin pääosan muodostavat monoterpeenit. (5, s. 103–106.)

Tärpätin talteenotto ei ole pelkästään taloudellista, vaan se myös parantaa sellutehtaan ympäristöystävällisyyttä ja työturvallisuutta. Stora Enso Oyj:n Oulun sellutehtaalla on käytössä hakesiilon esihöyrytyksellä ja esi-imeytysastialla varustettu jatkuvatoiminen Kamyr-keitin, jonka vuotuinen tärpätin tuotantokapasiteetti on 1500 t (3). Seuraavassa on käsitelty tärpätin ominaisuuksia ja haittavaikutuksia sekä tärpätin talteenottoa Oulun sellutehtaalla.

3.1 Tärpätin ominaisuudet ja haittavaikutukset

Raakatärpätti sisältää 50–80 % alfa-pineeniä, 10–30 % delta-3-kareenia, 2–7 % beeta-pineeniä, 2–6 % muita monoterpeenejä ja 5–10 % korkeammalla kiehuvia terpeenejä. Lisäksi siinä esiintyy epäpuhtauksina pieniä määriä orgaanisia rikkiyhdisteitä, kuten metyylimerkaptania. Raakatärpätistä tislamalla jalostettava tärpätti koostuu lähinnä alfa-pineenistä ja delta-3-kareenista. (6.)

Tärpätti, molekyylikaavaltaan $C_{10}H_{16}$, on väritön tai kellertävä palava neste, jolla on tunnistettava ominaishaju. Tärpätti on pooliton liuotin, joka kykenee liuottamaan muita poolittomia yhdisteitä. Useimpien poolittomien yhdisteiden tapaan tärpätti on liukenematon veteen. Sen leimahduspiste normaalilämpötilassa ja -paineessa on 35 °C ja itsesyttymislämpötila 247 °C. Tärpätin höyrynpaine normaaliolosuhteissa on 0,5 kPa ja sen kiehumispistealue on 150–170 °C, jolloin se luokitellaan VOC-yhdisteeksi (Volatile Organic Compound), eli haihtuvaksi

orgaaniseksi yhdisteeksi. Tärpättipitoisen kaasuilmaseoksen alempi syttymisraja on 0,8 %V/V eli 8000 ppm (Parts Per Million), mutta ylemmästä syttymisraja ei ole päästy yksimielisyyteen. Työturvallisuuslaitoksen laatimissa onnettomuuden vaaraa aiheuttavien aineiden turvallisuusohjeissa (OVA-ohjeet) tärpätin ylempi syttymisraja on 6 %V/V, mutta esimerkiksi laitevalmistaja Honeywell ei ole määritellyt tärpätille ylemmää räjähdyksrajaa lainkaan. (6; 7, s. 18–19; 8; 9.)

Tärpätti ärsyttää silmiä ja ylempiä hengitysteitä, ja se aiheuttaa kurkun kirvelyä ja yskää yli 125 ppm:n pitoisuuksissa. Suurien tärpättipitoisuuksien hengittäminen voi aiheuttaa pääkipua, huonovointisuutta, huimausta, huumautumista ja hengitysvaikeuksia. Toistuva pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa keuhkopuuston limakalvoston ärsytystä ja mahdollisesti lisääntyneitä uloshengitysvastusta. Lisäksi epäpuhtautena raakatärpätissä esiintyvä metyyliimerkaptaani on erittäin helposti haihtuva myrkyllinen aine, joka suurissa pitoisuuksissa voi aiheuttaa tajunnanmenetyksen ja jopa kuoleman. Liitteessä 2 on esitetty terveydelle haitallisten tärpättipitoisuuksien raja-arvoja. (6.)

Toistuvissa ihokosketuksissa tärpätti kuivattaa ja ärsyttää ihoa aiheuttaen ihotumaa. Tärpätin höyryn ja roiskeiden välittömiä vaikutuksia silmiin joutuessaan voivat olla sidekalvontulehdus, luomien turpoaminen, luomikouristus ja mahdollisesti pinnallinen sarveiskalvovamma. Tärpätin nieleminen aiheuttaa ärsytystä nielussa ja mahasuolikanavassa sekä polttavaa kipua ja pahoinvointia. Keuhkoihin joutuessaan se voi aiheuttaa vaikean keuhkotulehduksen. Imeydyttyään elimistöön tärpätti aiheuttaa huimausta ja muita elinvaikutuksia. (6.)

Stora Enso Oyj on laatinut raakatärpättiä koskevan käyttöturvallisuustiedotteen, jonka mukaan tärpättiä käsiteltäessä on käytettävä asianmukaisia henkilönsuojaimia. Kemikaalia käsiteltäessä silmät on suojattava tiiviisti asettuvilla suojalaseilla tai kasvot peittävällä visiirillä. Altistusvaaran ilmetessä on hengityssuojaimena käytettävä paineilmalaitteita tai AB-suodatintyyppillä varustettua koko kasvot peittävää hengityssuojainta. Lisäksi on käytettävä kumisia suojakäsineitä ja tarvittaessa kumiesiliinaa. (10, s. 8.)

Tärpätti on luokiteltu voimassa olevien kriteerien perusteella ympäristölle vaaralliseksi, koska se on myrkyllistä vesieliöille ja hitaasti hajoavaa. Ympäristöön

joutuessaan tärpähti päätyy haihtuvuudensa ansiosta pääasiassa ilmaan, missä hiilivedyt hajoavat melko nopeasti. Tärpätin pääkomponentti alfa-pineeni puoliintuu ilmassa hydroksyyliiradikaalien ja otsonin vaikutuksesta noin viidessä tunnissa. Maahan joutuessaan tärpätin haihtuminen osittain estyy alfa-pineenin sitoutuessa voimakkaasti maa-ainekseen. Osa tärpätin komponenteista on maaperässä kulkeutuvia, mutta alfa-pineeni kulkeutuu vain hieman. Tärpähti hajoaa maaperässä aerobisissa olosuhteissa. (6.)

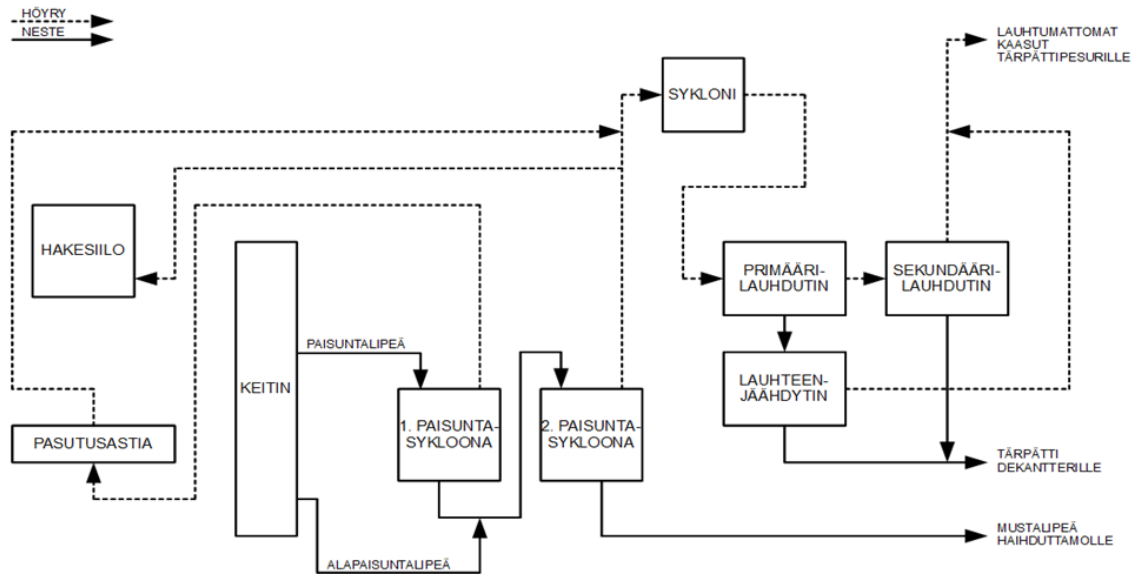
Vesistöön päätyessään tärpähti kohoaa veden pinnalle ohueksi kalvoksi. Tämä johtuu tärpätin veteen liukenemattomuuden lisäksi sen vettä pienemmästä tiheydestä, joka on $0,9 \text{ kg/dm}^3$. Alfa-pineenin on laskentamallien avulla arvioitu puoliintuvan matalassa joessa noin neljän tunnin kuluessa. (6.)

3.2 Tärpätin talteenotto

Jatkuvatoimisessa Kamyrr-keittimessä tärpähti erotetaan mustalipeän paisutuksessa, missä kuuma mustalipeä lasketaan keittimen paineesta ilmanpaineeseen (kuva 4). Paineen alentuessa mustalipeä kiehuu ja syntyy runsaasti hajukaasuja sisältäviä höyryjä. Paineita lasketaan kahdessa peräkkäisessä paisuntasykloonassa. (4, linkit Sulfaattisellun valmistus -> Kuitulinja -> Keitto -> Jatkuva keitto -> Mustalipeän käsittely; 11.)

RAAKATÄRPÄTIN TALTEENOTTO

MUSTALIPEAN PAISUTUS JA TÄRPÄTTIKAASUJEN LAUHDUTUS



KUVA 4. Mustalipeän paisutus ja tärpättikaasujen lauhdutus (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

Keittimestä syrjäytetty mustalipeä viedään ensimmäiseen paisuntasykloonaan, missä suurin osa siihen liuenneesta tärpätistä höyrystyy. Muodostuva höyry käytetään hakkeen pasutukseen, eli se ohjataan pasutusastiaan. Pasutusastialta höyry kulkeutuu lauhduttimille. (11.)

Ensimmäisen paisuntasykloonan alite viedään toiseen paisuntasykloonaan yhdessä keittimen alapäästä tulevan alapaisuntalipeän kanssa. Osa syntyvästä höyrystä ohjataan pasutusastialta tulevan höyryn tapaan lauhduttimille, ja osa viedään hakesiiloon lämmittämään kuorimolta tulevaa haketta. Paisuntasykloonan pohjalle muodostuva mustalipeä viedään jatkokäsittelyyn haihduttamolle. (11.)

Hakesiilossa tärpähti kondensoituu kylmään hakkeeseen, josta se kulkeutuu pasutusastiaan. Pasutusastiassa ensimmäisen paisuntasykloonan höyrystä kondensoituu lämpimään hakkeeseen lähinnä vettä, jolloin pasutusastialta lauhduttimille lähtevän höyryn tärpättipitoisuus kasvaa. (11.)

Keittimeltä tulevassa tärpättipitoisessa kaasussa on epäpuhtauksia, kuten lipeäpisaroita ja kuituja, jotka erotetaan syklonissa ennen kaasun vientiä lauhdut-

Oulujokeen virtaavan jäteveden laatua tarkkaillaan vielä ennen öljynerotusallasta. Jäteveden johtokyky mitataan ja automaatiojärjestelmä suorittaa hälytyksen, jos johtokyky on yli 200 mS/m (13). Lisäksi jätevedestä kerätään näytettä, joka analysoidaan tarkemmin laboratoriossa päivittäin.

Koska tärpätinerotuslaitteisto sijoittuu haihduttamolle, voi tärpättä päätyä poikkeustapauksissa lipeälinjan kanaaliin haihduttamon pumppukaivon kautta. Tähän pumppukaivoon ohjataan haihduttamon ja mäntyöljykeittämön säiliöiden ylitteet ja tyhjennykset sekä lattia- ja huuhteluvedet. Kaivon vesi kaatuu lipeälinjan pumppukaivoon, kun johtokyky on alle 300 mS/m. Mikäli johtokyky nousee yli edellä mainitun rajan, kaivon vesi pumpataan keräilylipesäiliöön. Lipeälinjan pumppukaivosta likaiset jätevedet käännetään aktiivilietelaitokselle, jos jäteveden johtokyky on yli 200 mS/m. (14.)

4 TÄRPÄTIN MITTAUS

Lipeälinjan satunnaispäästöjen keräilyjärjestelmän toiminta perustuu jäteveden johtokyvyn mittaamiseen. Tärpätti ei kuitenkaan aiheuta muutoksia jäteveden johtokykyyn, joten sen havaitseminen jätevedestä vaatii erillisen mittauksen. Koska johtokykymittarit eivät reagoi tärpättiin, voi poikkeustapauksissa tärpättiä kulkeutua lipeälinjan kanaalia pitkin öljynerotusaltaaseen ja sieltä edelleen vesistöön. Ympäristöpäästöjen minimoimiseksi tulee lipeälinjan kanaaliin päätyviä vesiä valvoa tärpätin varalta, mutta juuri siihen tarkoitukseen suunniteltua ratkaisua ei ole saatavilla.

Jäteveden tarkan tärpättipitoisuuden selvittäminen ei ole tärkeintä, vaan oleellisinta on havaita jäteveden sekaan päätenyt tärpätti mahdollisimman pienillä pitoisuuksilla ympäristöpäästöjen ehkäisemiseksi. Tärpätti voidaan yrittää havaita suoraan jätevedestä tai siitä haihtuvan tärpättikaasun avulla, mutta lipeälinjan kanaalin ja satunnaispäästöjen keräilyjärjestelmän olosuhteet asettavat omat haasteensa saatavilla olevalle mittalaitetekniikalle. Tärpätin havaitseminen luotettavasti vesifaasista on erittäin haastavaa, minkä vuoksi tässä luvussa perehdytään tarkemmin tärpättikaasun havaitsemiseen ja mittaamiseen.

4.1 Jäteveden tärpättipitoisuuden mittaaminen

Tärpätin havaitseminen vesifaasista jäteveden analysointiin tarkoitetuilla mittalaitteilla on erittäin haastavaa, koska tärpätti ei liukene veteen. Tärpättipitoista vettä pumpattaessa tai sekoitettaessa tärpätti ja vesi muodostavat emulsion, josta edustavan näytteen ottaminen mittalaitteelle on hankalaa. Vastaavasti tilanteissa, joissa tärpätti kohoaa jäteveden pinnalle, tulisi analysoitava näyte ottaa veden pinnalta.

Tällä hetkellä ei ole saatavilla mittalaitetta, jonka avulla jäteveden tärpättipitoisuutta voidaan jatkuvatoimisesti mitata. Niinpä ainoa keino on mitata jätevedestä tietyn suureen kokonaismäärää, johon tärpätti aiheuttaa selkeän poikkeaman joutuessaan analysoitavaan näytteeseen. Esimerkki tällaisesta suureesta on jäteveden TOC-arvo (Total Organic Carbon), joka kuvaa orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneen hiilen määrää. TOC-arvoa käytetään usein epäspesifi-

senä veden laadun indikaattorina. Jäteveden laadun tarkkailuun on saatavilla jatkuvatoimisia TOC-analysaattoreita, jotka mittaavat jäteveden orgaanisen hiilen kokonaismäärää (kuva 7). Nämä laitteet eivät yksilöi jäteveden tärpättipitoisuutta, mutta niiden avulla voidaan havaita tärpätin aiheuttama poikkeama jäteveden TOC-arvossa. (15.)



KUVA 7. TOC-analysaattori (16)

Jätevesianalysaattoreita edullisempina vaihtoehtoina voidaan pitää erilaisia veden öljypitoisuutta mittaavia laitteita. Esimerkkinä voidaan mainita UV-fluorenssia hyödyntävät mittalaitteet, jotka mittaavat öljypohjaisten PAH-yhdisteiden (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) eli polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen kokonaispitoisuutta jätevedessä. Laitteet tulee kuitenkin testata tapauskohtaisesti, sillä aikaisempaa kokemusta tärpätin havaitsemisesta kyseisillä mittalaitteilla ei ole. (15.)

Mittalaitetta valittaessa tulee huomioida myös jäteveden lämpötila, eli laitteiden tulee soveltua lipeälinjan lämpimien jätevesien mittaamiseen. Suurimmaksi ongelmaksi mittalaitteiden käytössä muodostuu kuitenkin edustavan näytteen ottaminen jätevedestä. Mikäli tärpättiä ei ole analysoitavassa näytteessä mukana, eivät kehittyneimmäkään analysaattorit voi jäteveden seassa olevaa tärpättiä havaita.

4.2 Tärpättikaasun mittaaminen

Tärpätti on haihtuva hiilivety-yhdiste, minkä ansiosta ilmaan haihtuva tärpättikaasu voidaan havaita syttyvien kaasujen ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mittaamiseen tarkoitetuilla kaasuanalysaattoreilla. Koska tärpättikaasun tarkan pitoisuuden määrittäminen ei tässä tapauksessa ole oleellista, voidaan tärpättikaasu yrittää havaita myös yksinkertaisemmilla kaasuhälyttimillä. Seuraavassa on esitelty tärpättikaasun mittaamiseen soveltuvaa mittalaitetekniikkaa.

4.2.1 Kaasuanalysaattorit

Kaasuanalysaattoreita käytetään kaasujen analysointiin ja valvontaan. Ne ovat kaasuhälyttimiä tarkempia yhdistelmälaitteita, jotka voidaan räätälöidä käyttötarkoituksen mukaan. Kaasuanalysaattoreiden tyypillisimpiä käyttökohteita ovat prosessikaasujen ja päästöjen mittaukset.

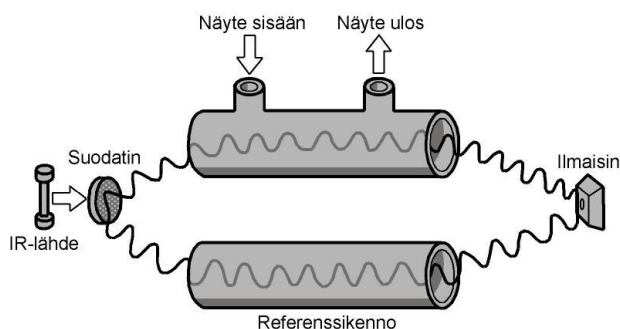
Kaasuanalysaattorit mahdollistavat erittäin pienten kaasupitoisuuksien mittauksen. Eri yhdisteiden mittaamiseen on saatavilla useita erilaisia ilmaisimia, jotka eroavat toisistaan toimintaperiaatteeltaan. Tärpättikaasun mittaamiseen soveltuvia ilmaisimia ovat muun muassa infrapunatekniikkaan ja liekki-ionisaatioon perustuvat ilmaisimet.

IR-analysaattorit

Infrapunatekniikan käyttö kaasun pitoisuuden määrittämisessä perustuu aineelle täysin ominaiseen säteilyn absorptiospektriin eli säteilyn absorboitumiseen aineeseen vain tietyllä aallonpituudella. Jotkut kaasut absorboivat vain niille ominaisia aallonpituuksia valosta, mitä voidaan hyödyntää mitattaessa tietyn kaasun pitoisuutta kaasuseoksessa. IR-tekniikalla (IR, Infrared) ei voida mitata yhdisteitä, jotka eivät absorboi infrapunasäteilyä. Tällaisia yhdisteitä ovat jalo- kaasut ja kaksiatomiset samanytimiset molekyylit. (4, linkit Tuotannon hallinta ja automaatio -> Mittaukset ja toimilaitteet -> Erikoismittaukset -> Kemikaalikierto -> Ilmapäästöjen mittaukset; 17, s. 134-135.)

Kuvassa 8 on esitetty yksinkertaisen infrapuna-analysaattorin toiminta. Analysaattorissa on kaksi erillistä kennoa, joista toiseen eli näytekennoon tuodaan mitattava näytekaasu. Toinen kenno on referenssikenno, joka sisältää nollakaa-

sua joka ei absorboi infrapunasäteilyä. Referenssikennon kaasu on tavallisesti typpeä tai argonia. Säteilylähteestä lähtevä valo kulkee sekä vertailu- että näytekennon läpi ilmaisimelle, jonka tunnistaman energiaeron perusteella kaasun pitoisuus voidaan määrittää. Valon energia ei muutu kulkiessaan referenssikennossa olevan kaasun läpi, mutta näytekennossa oleva näytekaasu absorboi sen läpi kulkevaa valoa pienentäen valon määrää. (18, s. 29.)



KUVA 8. Infrapuna-analysaattorin toimintaperiaate (18, s. 29)

IR-kaasuanalysaattorit voidaan jakaa dispersiivisiin ja ei-dispersiivisiin analyysointilaitteisiin. Ei-dispersiiviset analyysointilaitteet ovat pääsääntöisesti niin sanottuja yksikomponenttianalysointilaitteita, koska niiden käyttämä aallonpituuskaista valitaan optista suodatinta käyttäen mitattavalle kaasulle sopivaksi. Dispersiiviset analyysointilaitteet puolestaan analysoivat laajempaa aallonpituuskaistaa. (18, s. 28.)

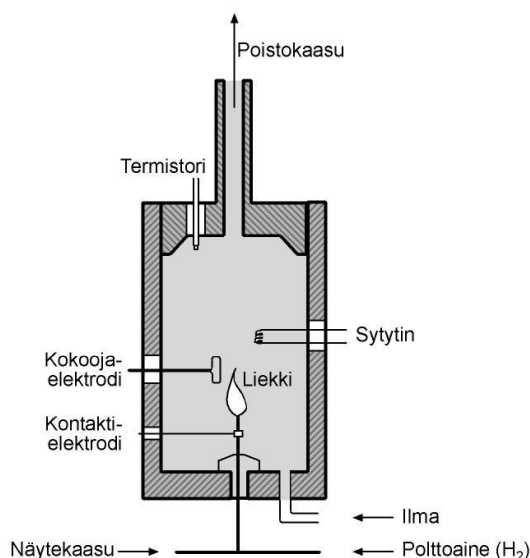
Esimerkki dispersiivisestä IR-analysointilaitteesta on FTIR-analysointilaitte (FTIR, Fourier Transform Infrared) jolla voidaan mitata koko infrapuna-alue samanaikaisesti ja näin määrittää kaikki yhdisteet, joilla on absorptiospektri. FTIR-analysointilaitte koostuu viidestä pääkomponentista, jotka ovat infrapunavalolähde, interferometri, näytekammio eli kyveti, infrapunailmaisin, signaalinkäsittelyelektronikka ja analysointiohjelmalla varustettu tietokone. IR-ilmaisimen sähköinen signaali muunnetaan tietokoneessa Fourier-muunnoksella niin sanotuksi yksisädespektri, jota verrataan nollakaasun yksisädespektriin. Yksisädespektrin suhde muunnetaan absorptiospektri, josta analysoidaan kaasujen pitoisuudet. Muun muassa päästömittauksissa käytettävät FTIR-prosessianalysointilaitteet sisältävät kaikki tarvittavat pääkomponentit ja kaikki näyt-

teen analysointiin vaadittavat toimenpiteet suoritetaan automaattisesti. (19, s. 15–16.)

Infrapunatekniikan ongelmana on, että jotkut kaasut absorboivat valoa samalla aallonpituusalueella kun mitattava kaasu (18, s.29). Toisin sanoen näytekaasun sisältämät yhdisteet voivat häiritä mitattavan yhdisteen pitoisuuden määrittämistä. Jotta analyysi toimii luotettavasti, on analysaattori kalibroitava oikeille aineille eli näytekaasun sisältämät komponentit on tunnettava (19, s. 17).

FID-analysaattori

Liekki-ionisaatioon perustuvassa FID-analysaattorissa (FID, Flame Ionization Detector) näytekaasu johdetaan laitteen ilmaisimeen, jossa näytekaasun hiiliatomit palavat yhdessä polttokaasun kanssa (kuva 9). Polttokaasuna käytetään vetyä tai vety-heliumseosta, jotka tuottavat palaessaan vähän ioneja. Näytekaasun orgaaniset yhdisteet tuottavat palaessaan hiili-ioneja, jotka aiheuttavat sähkövirran. Näytekaasun konsentraatio määritetään mitatun sähkövirran avulla. (18, s. 34.)



KUVA 9. Liekki-ionisaatioilmaisimen rakenne (18, s. 34)

Liekki-ionisaatioilmaisimen vaste on erilainen eri orgaanisille yhdisteille. Analysaattorin vastetta erilaisille hiilen yhdisteille kuvaa vastekerroin, joka saadaan, kun analysaattorin vaste hiiliyhdisteelle jaetaan analysaattorin vasteella pro-

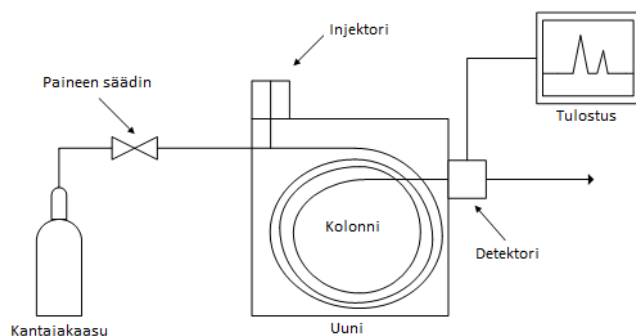
paanille. Jokainen analysaattori on kuitenkin yksilö, joten kahden valmistajaltaan ja malliltaan samanlaisen analysaattorin vasteet samalle yhdisteelle voivat hieman poiketa toisistaan. Myös yksittäisen analysaattorin vaste tietylle yhdisteelle voi muuttua ajan kuluessa, ja siksi FID-analysaattori vaatii säännöllisen kalibroinnin. (18, s. 34.)

FID-analysaattorilla voidaan mitata todella monia orgaanisia yhdisteitä ja mittaustulosten lineaarisuus on erinomainen. Se ei kuitenkaan ole spesifinen mitta-laite, vaan se mittaa näytteessä olevien hiilivetyjen kokonaispitoisuuden. Tästä syystä sen keskeisimpiä käyttökohteita ovat hiilivetyjen kokonaispitoisuuden mittaukset. Jotkut FID-prosessianalysaattorit kykenevät seuraamaan prosessin tilaa jatkuvatoimisesti ilman viivettä. FID-analysaattorin käytettävyyttä rajoittaa erillisen polttokaasun tarve. (17, s. 144; 18, s. 34–35.)

Prosessikaasukromatografi

Kaasukromatografialla tarkoitetaan fysikaalista erotusmenetelmää, jolla näytekaasun komponentit saadaan toisistaan erilleen niiden jakautuessa paikallaan olevaan ja liikkuvaan faasiin. Liikkuvana faasina on kantajakaasu, joka on tyypillisesti helium tai vety. Paikallaan olevana faasina on pitkässä putkessa eli kolonnissa olevaa nestemäistä tai kiinteää ainetta. Näytteessä olevat komponentit eroavat toisistaan kolonnissa, mikäli niiden jakautumiskertoimet ovat erilaiset nesteeseen verrattuna. Kiinteän aineen ollessa faasina erottuminen tapahtuu komponenttien eri adsorptiokykyjen perusteella. (17, s. 144.)

Kuvassa 10 on esitetty kaasukromatografian toimintaperiaate. Kantajakaasu johdetaan kaasupullosta paineenalennusventtiilin kautta uunin sisällä olevaan kolonniin. Analysoitavasta näytekaasuvirrasta annostellaan tarkkaan mitattu tilavuus näytekaasua kantajakaasuvirtaan. Prosessikaasukromatografeissa näytteenotto ei ole jatkuvaa, vaan näytettä annostellaan tietyn ajan välein paineilmatoisella luistiventtiilillä. Sopivissa olosuhteissa näytteen komponentit kulkeutuvat yksitellen detektorille, joka mittaa kunkin komponentin määrän kantajakaasussa. Yleisin kaasukromatografeissa käytettävä detektori on liekki-ionisaatioilmaisoin. Mitä suurempi on komponentin liukoisuus paikallaan olevaan faasiin, sitä kauemmin kaasu viipyy kolonnissa. (17, s. 144–147; 20.)



KUVA 10. Kaasukromatografian toimintaperiaate (21, muokattu)

Analysaattorin lähtöviesti tulostuu piirturiin, jonka näytteestä piirtämää pitoisuuskuvaajaa kutsutaan kromatogrammiksi. Nopeimmin etenevä komponentti aiheuttaa ensimmäisen piikin kromatogrammiin. Ihannekromatogrammin piikit ovat kapeat ja terävät sekä selvästi erillä toisistaan. Leveät ja toistensa kanssa päällekkäin olevat piikit ovat merkki kolonnin huonosta erotuskyvystä eli resoluutiosta. Yhdisteiden tunnistaminen perustuu jokaiselle yhdisteelle ominaiseen retentioaikaan. (17, s. 145.)

Pääosa prosessikaasukromatografeista on käytössä öljynjalostuslaitoksissa ja petrokemiallisessa teollisuudessa. Prosessikaasukromatografeja ohjaa mikrotietokone, joka hoitaa järjestelmän ohjauksen, näytteen annostuksen, analysoinnin, mittaustuloksen tallentamisen sekä kromatografian ja automaatiojärjestelmän välisen kommunikoinnin. (17, s. 148.)

Kromatografian kaasukomponenttien hyvä erottelukyky tekee siitä tehokkaan mittaus- ja tunnistusmenetelmän. Kromatogrammia on kuitenkin tulkittava varovasti, koska samaan piikkiin voi kätkeytyä monta eri komponenttia. (17, s. 148.)

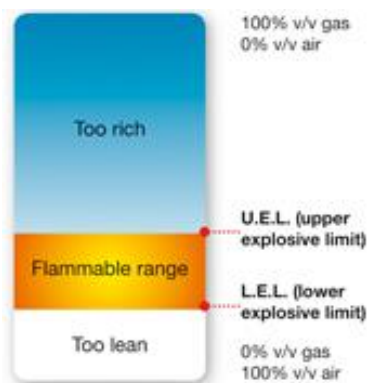
4.2.2 Kaasuhälyttimet

Kaasuhälyttimet on suunniteltu varoittamaan vaarallisen suurista kaasupitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa vaaraa lähistöllä oleville ihmisille. Kiinteästi asennettavat kaasuhälyttimet on tarkoitettu vaarallisten tilojen valvontaan työturvallisuuden varmistamiseksi. Kaasuhälyttimiä on saatavilla myös kannettavina malleina, jotka on tarkoitettu työntekijöiden henkilökohtaiseen suojautumiseen. Kaasuhälyttimet voivat varoittaa esimerkiksi liian korkeasta syttyvän kaa-

sun pitoisuudesta ilmassa tai ilman alhaisesta happipitoisuudesta. (17, s. 152–153.)

Kiinteästi asennettavien kaasuhälyttimien toiminta pohjautuu pitkälti samoihin mittausmenetelmiin kuin kaasuanalysaattoreidenkin (17, s. 154). Kaasuhälyttimiä voidaan soveltaa käytettäväksi myös muuhun kuin vaarallisten tilojen valvontaan. Usein laitevalmistajalta saa laitteeseen tarkoitettuja lisävarusteita, joiden avulla kaasuhälytintä voidaan käyttää myös näytettä ottavassa mittauksessa.

Syttyvien kaasujen mittaamiseen tarkoitettujen kaasuhälyttimien toiminta perustuu kaasujen yksilöllisiin räjähdysraja-arvoihin. Sopivassa suhteessa ilmaan tai muuhun palamista ylläpitävään aineeseen sekoittuneet syttyvät kaasut voivat räjähtää syttymislähteen vaikutuksesta. Jokaisella kaasulla on yksilöllinen syttymisalue, jonka ulkopuolella kaasu-ilmaseos ei ole syttyvää (kuva 11). Alempi räjähdysraja LEL (Lower Explosive Limit) on raja, jonka alapuolella seos on liian laiha eli se sisältää riittämättömän määrän kaasua räjähdysreaktion syntymiseen. UEL (Upper Explosive Limit) on ylempi räjähdysraja, jonka ylittyessä seoksessa on liian vähän happea räjähdysreaktion syntymiseen. Räjähdysrajoista puhuttaessa käytetään usein myös termiä syttymisrajat, joiden väliin jäävää aluetta kutsutaan syttymisalueeksi. Kaasujen syttymisrajat ilmoitetaan useimmiten palavan aineen määränä ilmassa tilavuusprosentteina normaalipaineen ja 20 °C:n lämpötilan alaisena. Paineen ja lämpötilan kasvu yleensä laajentaa syttymisaluetta. (7, s. 9.)



KUVA 11. Syttyvän kaasun räjähdysrajat (7, s. 9)

Syttyvien kaasujen hälyttimet mittaavat kaasun pitoisuutta suhteessa mitattavan kaasun alempaan räjähdysrajaan. Niiden mittausalue on siis 0–100 %LEL, mikä vuoksi niistä puhutaan usein nimellä LEL-hälytin. Syttyvien kaasujen hälyttimien vahvuudet ovat yksinkertainen rakenne ja edullinen hinta. Ne eivät kuitenkaan sovellu erittäin alhaisten kaasupitoisuuksien mittaamiseen niiden käyttämän mittausalueen vuoksi. Erittäin alhaiset pitoisuudet vaativat vähintään ppm-alueella mittaavia mittalaitteita. (22.)

Mittayksikköä %LEL käyttävän mittalaitteen mittaustulos saadaan muunnettua yksikköön ppm kaavalla 1 (23).

$$X = A \times B \times 100$$

KAAVA 1

X = mittausarvo (ppm)

A = mittausarvo (%LEL)

B = mitattavan kaasun alempi syttymisraja (%V/V)

Syttyvien kaasujen mittaamiseen tarkoitettuja kaasuhälyttimiä on erilaisia ja ne eroavat toisistaan toimintaperiaatteeltaan. Mittausmenetelmät perustuvat muun muassa katalyyttiseen palamiseen, infrapunasäteilyyn, lämmönjohtavuuteen ja puolijohdetekniikkaan. Tärpättikaasun mittaamiseen näistä soveltuvat lähinnä infrapunatekniikkaan ja katalyyttiseen palamiseen perustuvat kaasuhälyttimet. Lämmönjohtavuuteen perustuvat kaasuhälyttimet soveltuvat ainoastaan kaksikomponenttisten kaasuseosten korkeiden pitoisuuksien mittaamiseen. Puolijohdetekniikkaan perustuvia kaasuhälyttimiä käytetään enimmäkseen rikkivedyn mittaamiseen. (7, s. 34–39; 24.)

Jotkut syttyvät kaasut voivat olla myrkyllisiä jo paljon LEL-rajaa alhaisemmillä pitoisuuksilla, eivätkä syttyvien kaasujen mittaamiseen tarkoitetut mittalaitteet välttämättä ole riittävän herkkiä reagoimaan niihin ajoissa. Tällaisia sekä muita myrkyllisiä kaasuja mitattaessa on syytä käyttää myrkyllisten kaasujen mittamiseen tarkoitettuja mittalaitteita, joiden mittayksikkö on tavallisesti ppm. (7, s. 20; 22, s. 1–2.)

Tärpättikaasua voidaan mitata myrkyllisten kaasujen hälyttimillä, jotka mittaavat haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia. Monet VOC-yhdisteet ovat syt-

tyviä ja niitä voidaan mitata myös syttyvien kaasujen havaitsemiseen tarkotetuilla mittalaitteilla. Fotoionisaatiodetektorit on kehitetty erityisesti VOC-yhdisteiden pitoisuuksien mittaamiseen. Tyypillisimpiä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ovat polttoaineet, öljyt, muovit sekä maalit. (22; 24.)

Seuraavassa on esitelty tärpättikaasun havaitsemiseen ja mittaamiseen soveltuvia kaasuhälyttimiä.

Katalyyttinen kaasuhälytin

Katalyyttiset kaasuhälyttimet ovat tällä hetkellä yleisimmin käytettyjä mittalaitteita syttyvien kaasujen mittaamisessa. Nimensä mukaisesti katalyyttiseen polttamiseen perustuvan kaasuhälyttimen mittauskammiossa on kaksi sähköisesti kuumennettavaa elementtiä: mittaushelmi ja vertailuhelmi. Moderneissa katalyyttisissä sensoreissa helminä on platinalankakelat. Mittaushelmi on kuitenkin päällystetty katalyysaattoriaineella, jonka avulla palava kaasu saadaan syttymään normaalia syttymislämpötilaansa alemmassa lämpötilassa. (7, s. 34–35; 25.)

Mittaus- ja vertailuhelmi kuumennetaan lämpötilaan, joka ei normaalisti riittäisi kaasun syttymiseen. Katalyysaattoriaineen vaikutuksesta näytekaasun palavat komponentit syttyvät ja alkavat palaa mittausvastuksen ympäristössä, minkä seurauksena mittausvastuksen lämpötila ja resistanssi kasvavat. Kaasun palaessaan tuottama lämpöenergia on verrannollinen kaasun pitoisuuteen, eli mittausvastuksen resistanssi on verrannollinen mitattavan kaasun pitoisuuteen. Hälyttimen lähtöviesti muodostuu resistanssin muutoksen perusteella. Katalyyttisen sensorin vasteaika on tyypillisesti 20–30 sekuntia. (7, s. 35; 25.)

Koska katalyyttisten kaasuhälyttimien toiminta perustuu kaasun palamiseen, ne eivät toimi täysin hapettomissa olosuhteissa. Laitteet vaativat toimiakseen vähintään 10 %V/V:n happipitoisuuden. Lisäksi jotkut näytekaasun mukana mahdollisesti kulkeutuvat aineet, kuten rikki-, lyijy- ja piiyhdisteet, heikentävät nopeasti laitteen mittausvastuksen herkkyyttä. Joidenkin laitevalmistajien kehittyneimmissä laitemalleissa mittausvastuksen myrkyttyminen on otettu huomioon erikoiskeinoin. (23; 24; 26.)

Katalyyttiset kaasuhälyttimet on alun perin suunniteltu metaanin pitoisuuksien mittaamiseen hiilikaivoksissa. Laitteet soveltuvat oikein kalibroituna myös muiden syttyvien kaasujen mittaamiseen, mutta joidenkin yhdisteiden mittauksessa laitteiden herkkyys ei riitä tarkkojen ja luotettavien tulosten saamiseen. (25.)

Tärpätin poikkeukselliset ominaisuudet asettavat haasteita tavanomaisille katalyyttisille syttyvien kaasujen ilmaisimille. Sen alempi syttymisraja on huomattavasti alhaisempi kuin esimerkiksi metaanin, ja sen itsesyttymislämpötila on vain noin puolet metaanin 595 °C:n itsesyttymislämpötilasta. Lisäksi metaanikaasu tuottaa huomattavasti enemmän lämpöä palaessaan kuin vastaavan pitoisuuden omaava tärpättikaasu. (25; 27.)

Infrapunakaasuhälytin

Infrapunatekniikkaa hyödyntävän kaasuhälyttimen toimintaperiaate on pitkälti sama kuin IR-kaasuanalysaattorinkin, mutta sen rakenne on yksinkertaisempi. Infrapunasäteilyä lähetetään mittauskammiossa olevan näytekaasun läpi vuoroitellen kahdella eri aallonpituudella. Toisena aallonpituutena käytetään sitä, millä mitattavaan kaasuun absorboituu eniten valoa. Toista aallonpituutta käytetään vertailuarvona. Säteet heijastuvat takaisin mittauskammion toisessa päässä olevasta heijastimesta ja kulkevat näytekaasun läpi sensorille, joka vertaa signaalien vahvuuksia ja määrittää näin kaasun pitoisuuden. (7, s. 39.)

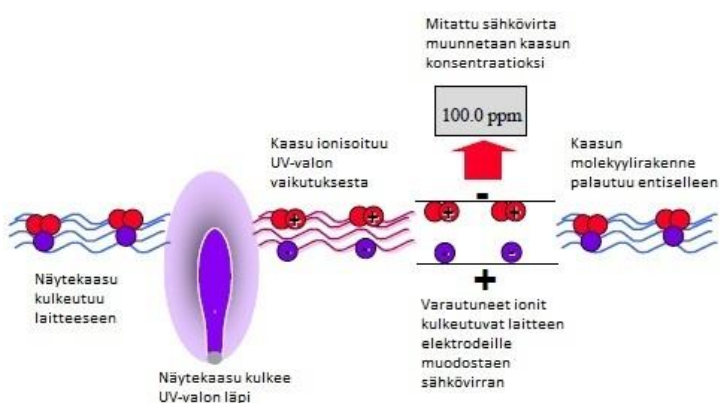
Infrapunatekniikkaan perustuvan kaasuhälyttimen etuja katalyyttisellä anturilla varustettuun kaasuhälytimeen nähden ovat huomattavasti nopeampi vasteaika sekä alhaisempi huollon tarve. Lisäksi IR-kaasuhälyttimet ovat toimintavarmoja haastavissa, jopa täysin hapettomissa ja myrkyllisissä olosuhteissa. (7, s. 39.)

IR-kaasuhälyttimen heikkoutena voidaan mainita niiden alttius kosteuden ja lian aiheuttamille ongelmille. Kosteus ja lika voivat kerääntyä laitteen optisille pinoille ja vääristää mittaustuloksia. (24.)

Fotoionisaatiodetektor

Fotoionisaatiodetektor eli PID (Photoionization Detector) mittaa pääasiassa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia. Myös joitain epäorgaanisia yhdisteitä, kuten ammoniakkia ja rikkivetyä, voidaan mitata. Fotoionisaatiodetektor

rin toiminta perustuu ultraviolettivaloon, joka tilapäisesti ionisoi eli hajottaa kaasun molekyylit positiivisiksi ja negatiivisiksi ioneiksi. Ionit kulkeutuvat detektorin varautuneisiin elektrodeihin tuottaen sähkövirran, jonka suuruuden perusteella määritetään kaasun konsentraatio. Mitä suurempi kaasun konsentraatio on, sitä enemmän sähkövirtaa syntyy. Näytekaasun poistuessa mittalaitteesta kaasun molekyylirakenne palautuu entiselleen. Kuvassa 12 on esitetty fotoionisaatiodektorin toimintaperiaate. (28.)



KUVA 12. Fotoionisaatiodektorin toimintaperiaate (28, muokattu)

Ionisaatio tapahtuu, kun kaasumolekyylit absorboi korkeaenergistä UV-valoa, joka aiheuttaa molekyylirakenteen hajoamisen positiiviseksi ja negatiiviseksi ioniksi. Kaikki tunnetut yhdisteet voidaan ionisoida, mutta niiden vaatimat ionisoitumisenergiat eli ionisaatioenergiat poikkeavat toisistaan. Ionisoitumisenergian mittayksikkönä käytetään elektronivolteja (eV), joiden avulla ilmoitetaan myös UV-lampun energiamäärä. Jotta ionisaatio on mahdollinen, tulee UV-valolähteen energiamäärän olla suurempi kuin mitattavan yhdisteen ionisaatioenergia. (28.)

Fotoionisaatiodektoreissa käytettävien UV-lamppujen energiamäärät ovat 9,8 eV, 10,6 eV ja 11,7 eV. UV-lampun energiamäärän tulee olla suurempi kuin mitattavan yhdisteen ionisaatioenergia, jotta fotoionisaatiodektoria voidaan käyttää mittalaitteena. Tärpätin ionisaatioenergia on 8,0 eV, joten se voidaan havaita kaikilla edellä mainituilla lamputyypeillä. Useimmat PID-sensorit käyttävät 10,6 eV:n UV-valolähdettä. Korkeimman eli 11,7 eV:n UV-lamppua kannattaa käyttää vain yli 10,6 eV:n ionisaatioenergian omaavien yhdisteiden mit-

taamisessa, koska sen herkkyys ei ole yhtä hyvä kuin muiden. Lisäksi sen elinikä on huomattavasti kahta muuta UV-lamppua lyhyempi. (28; 29, s. 11.)

Fotoionisaatiodetektor on todella herkkä mittalaite, joka kykenee mittaamaan tarkasti kaasujen pitoisuuksia ppm- tai jopa ppb-alueella (Parts Per Billion). Se ei kuitenkaan ole spesifinen mittalaite, vaan se mittaa hiilivetyjen kokonaispitoisuutta FID-analysattorin tapaan. Kuten syttyvien kaasujen hälyttimet, voidaan myös PID kalibroida mittaamaan tiettyä kaasua. Kalibrointi voidaan suorittaa suoraan mitattavalla kaasulla tai esimerkiksi isobutyleenillä ja sen jälkeen yksilöidä mitattavalle kaasulle korjauskertoimen avulla. Tarkkojen ja luotettavien mittaustulosten saaminen vaatii näytekaasun koostumuksen tuntemista. (28.)

PID-kaasuhälyttimen ominaisuudet vastaavat hyvin pitkälti FID-analysaattorin ominaisuuksia, mutta ne ovat huomattavasti FID-analysaattoreita halvempia. Suurin osa markkinoilla olevista fotoionisaatiodetektoreista on kuitenkin kannettavia henkilönsuojaukseen tarkoitettuja kaasuhälyttimiä. Kiinteästi asennettavat UV-tekniikkaa hyödyntävät kaasuhälyttimet ovat harvinaisia, eikä niitä tällä hetkellä kovin monen laitevalmistajan valikoimasta löydy. (22.)

4.2.3 Mittalaitteiden vertailu

Edellä esitellyt mittalaitteet soveltuvat tärpättikaasun mittaamiseen ja jokaisella niistä on hyvät ja huonot puolensa. Kaasuanalysaattorit ovat kaasuhälyttimiä monimutkaisempia laitteita, jotka tunnistavat todella alhaisia kaasupitoisuuksia. Ne ovat kuitenkin huomattavasti kalliimpia ja vaativat käyttäjältään paljon säännöllisiä huoltotoimenpiteitä.

Mikäli mittalaitteelta toivotaan selektiivisyyttä, eli kykyä määrittää nimenomaan tärpätin pitoisuus näytekaasusta, mittalaitteeksi tulee valita joko prosessikaasukromatografi tai FTIR-analysaattori. Nämä laitteet kykenevät määrittämään tietyn yhdisteen pitoisuuden näytekaasun koostuessa useammasta eri komponentista. Selektiivisyyden edellytyksenä on kuitenkin mitattavan yhdisteen rakenteen muuttumattomuus, eli tulee tietää, voiko tärpätin rakenne mahdollisesti hieman muuttua eri olosuhteissa. Lisäksi laitteiden kalibrointiin tarvitaan edustava näyte mitattavasta yhdisteestä.

FID-analysaattori on järkevin vaihtoehto kun mittalaitteelta ei vaadita selektiivisyyttä, mutta kokonaishiilivetypitoisuus halutaan määrittää tarkasti. Tilanteissa, joissa mittalaitteelta vaaditaan alhaista huollon tarvetta eikä kaasun tarkan pitoisuuden määrittäminen ole ensisijaista, kannattaa analysaattorin sijaan harkita kaasuhälyttimen käyttöä. Taulukkoon 1 on koottu edellä esiteltyjen mittalaitteiden hyviä ja huonoja puolia.

TAULUKKO 1. Mittalaitteiden hyvät ja huonot puolet

Mittalaite	Vahvuudet	Heikkoudet
FTIR-analysaattori	<ul style="list-style-type: none"> - jatkuvatoiminen - selektiivinen, mikäli mitattavan komponentin rakenne ei muutu - mittaa erittäin alhaisia pitoisuuksia 	<ul style="list-style-type: none"> - korkea hinta - vaatii edustavan näytteen, josta mitattava komponentti määritellään - vaatii paljon huoltoa ja kalibroitua
FID-analysaattori	<ul style="list-style-type: none"> - mittaa tarkasti kokonaishiilivetypitoisuuden - mittaa erittäin alhaisia pitoisuuksia 	<ul style="list-style-type: none"> - korkea hinta - vaatii erillisen poltтокаasun - ei selektiivinen tietyille yhdisteille - vaatii paljon huoltoa ja kalibroitua
Prosessikaasu-kromatografi	<ul style="list-style-type: none"> - selektiivinen, mikäli mitattavan komponentin rakenne ei muutu - mittaa erittäin alhaisia pitoisuuksia 	<ul style="list-style-type: none"> - korkea hinta - vaatii paljon huoltoa ja kalibroitua
Katalyyttinen kaasuhälytin	<ul style="list-style-type: none"> - edullinen - sietää hyvin likaa ja kosteutta - helppo kalibroida ja huoltaa 	<ul style="list-style-type: none"> - mittalaitteen myrkyttyminen - pitkä vasteaika - ei toimi täysin hapettomissa olosuhteissa
IR-kaasuhälytin	<ul style="list-style-type: none"> - edullinen - pitkäikäinen - todella alhainen huollon tarve - lyhyt vasteaika 	<ul style="list-style-type: none"> - kalibroinnista huolimatta voi reagoida myös muihin yhdisteisiin - kosteus ja lika aiheuttavat häiriöitä
PID-kaasuhälytin	<ul style="list-style-type: none"> - edullinen - lyhyt vasteaika - alhainen huollon tarve 	<ul style="list-style-type: none"> - mittaa kokonaishiilivetypitoisuutta, ei selektiivinen tietyille yhdisteille - myös jotkut epäorgaaniset yhdisteet voivat häiritä mittausta - valtaosa kannettavista henkilönsuojaukseen tarkoitettuja kaasuhälyttimiä

Työn aikana oltiin yhteydessä useaan eri laitetoimittajaan ja heiltä pyydettiin ratkaisua tärpättikaasun havaitsemiseen ja mittaamiseen jätevesikanaalissa. Mittalaitteelta toivottiin luotettavuutta hankalissa olosuhteissa sekä mahdollisimman alhaista huollon tarvetta, jolloin laitetoimittajista useimmat tarjosivat ratkaisuksi IR-kaasuhälytintä. Kaasuanalysaattoreista ratkaisuksi tarjottiin useimmiten FID-analysaattoria.

5 KAASUHÄLYTTIMIEN ASENNUS JA TESTAUS

Ennen opinnäytetyön aloittamista Stora Enso Oyj oli alkanut kartoittamaan tärpätin mittaamiseen soveltuvaa mittalaitetekniikkaa. Yhtiö oli ollut yhteydessä laitetoimittajiin, joiden valikoimista löytyi joitain potentiaalisia vaihtoehtoja. Laitteiden soveltuvuudesta jätevesikanaalin valvontaan ei kuitenkaan ollut takeita, sillä laitetoimittajilla ei ollut aikaisempia käytännön kokemuksia vastaavanlaisista tilanteista.

Laitetoimittaja Sarlin Oy Ab oli kuitenkin jo ehtinyt toimittaa mittalaitteensa sellutehtaalle testattavaksi. Laite oli kiinteästi asennettava kaasuhälytin, jolla oli tarkoitus yrittää havaita jäteveden sekaan päätyneestä tärpätistä haihtuvaa tärpättikaasua. Testattavaksi toimitettu kaasuhälytin oli Honeywell Searchpoint Optima Plus IR, joka oli tehdaskalibroitu tärpättikaasulle. Laitetoimittaja oli toimittanut tehtaalle myös kannettavan GasAlertMicro 5 PID -monikaasuhälyttimen, jota käytettiin apuna Honeywellin kiinteästi asennettavan kaasuhälyttimen toiminnan testaamisessa.

5.1 Kokeen suunnittelu

Kuten luvussa 3.3 todettiin, voi tärpättiä poikkeustapauksissa päätyä lipeälinjan kanaaliin haihduttamon pumppukaivon kautta. Näin ollen mittaus päätettiin suorittaa sieltä, jotta jäteveden sekaan päätynyt tärpätti havaitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Kaasuhälytin tuli liittää haihduttamon automaatiojärjestelmään ja sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään, jotta laitteen testaaminen ja mittaustulosten tarkastelu olisi mahdollista.

Kaasuhälyttimen yhteyteen tuli rakentaa erillinen näytteenottojärjestelmä, jonka avulla näytekaasu saataisiin imettyä pumppukaivosta mittalaitteelle. Näytteenkäsittelyssä tuli ottaa huomioon pumppukaivossa oleva lämmin ja kostea höyry, jonka epäiltiin aiheuttavan ongelmia kaasuhälyttimen toiminnalle. Näytteenottoa haihduttamon pumppukaivosta hankaloittaa sen valettu betonikansi, johon erillisen näytteenottoyhteen rakentaminen on työlästä. Niinpä näyte päätettiin ottaa pumppukaivosta nousevan laimeitten hajukaasujen keräilyputken venttiilistä.

Työn tarkoituksena oli testata kaasuhälyttimen kykyä havaita tärpättikaasua ja arvioida laitteen soveltuvuutta jätevesikanaalin jatkuvatoimiseen valvontaan. Suunnitelmana oli varmistua kaasuhälyttimen kyvystä havaita tärpättikaasua ja sen jälkeen aloittaa mittaukset haihduttamon pumppukaivosta.

5.2 Honeywell Searchpoint Optima Plus IR

5.2.1 Laitteen kuvaus

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR on infrapunakaasuhälytin, joka on tarkoitettu vaarallisten alueiden kaasupitoisuuksien mittaamiseen (kuva 13). Laite määrittää kaasun pitoisuuden infrapunatekniikan avulla, joten se toimii myös täysin hapettomissa olosuhteissa. (30, s. 10)



KUVA 13. Honeywell Searchpoint Optima Plus IR (7, s. 39)

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR ei analysoi kaasuseoksen koostumusta eikä siinä esiintyvien yhdisteiden pitoisuuksia, vaan se mittaa palavien hiilivety-yhdisteiden pitoisuutta suhteessa mitattavan kaasun LEL-rajaa. Kullekin yhdisteelle ominaisen säteilyn absorptiospektrin ansiosta laitteen signaali on vahvimmillaan kalibroidulle yhdisteelle, mutta myös muut yhdisteet voivat häiritä mittausta. Laite voidaan kalibroida noin sadalle eri hiilivetykaasulle ja se toimitetaan aina tehdaskalibroituina tilaajan haluamalle aineelle. (23; 30, s. 59.)

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR on mikroprosessoriohjattu älykäs kaasuhälytin, jossa on sisäänrakennetut diagnostiikka ja vianhakuominaisuudet. Diagnostiikka- ja vikatiетojen lukeminen vaatii kuitenkin kannettavan Honeywell SHC-1 Handheld Interrogator -diagnostiikkalaitteen. Kaasuhälyttimen mittaus-

alue on 0–100 %LEL, jonka laitteen lähetinosa skaalaa 4–20 mA:n standardi-
viestiksi. (30, s. 11.)

Valmistajan mukaan oikein asennettuna ja huollettuna laite ei vaadi säännöllistä kalibrointia, mutta se tulisi suositusten mukaan huoltaa vuoden välein. Laitteen luotettavan toiminnan varmistamiseksi valmistaja suosittelee käytännön kaasutestien sisällyttämistä laitteen ylläpitosuunnitelmaan. Jos ympäristöolosuhteet ovat normaalia haastavammat, tulee huoltoväliä lyhentää. Mikäli paikalliset määräykset vaativat kaasuilmaisimen säännöllistä kalibrointia, on laitteen kalibrointi mahdollista lisävarusteena saatavan Gassing Cover -adapterin ja kannettavan Honeywell SHC-1 Handheld Interrogator -diagnostiikkalaitteen avulla. Kannettava kalibraattori helpottaa myös kaasutestien tekemistä, mutta se ei ole välttämätön niiden kannalta, koska laitteen toiminta voidaan todeta myös yleismittarin avulla. (30, s. 59.)

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälyttimeen on saatavilla lisävarusteena Flow Housing -adapteri, joka mahdollistaa näytettä ottavan mittauksen. Virtausadapterissa on kaksi ulkohalkaisijaltaan 6 mm olevaa suutinta, joiden kautta näytekaasu kulkee laitteen mittauskammion läpi. Virtausadapteri on valmistettu anodisoidusta alumiinista. (30, s. 25.)

Infrapunatekniikkaa hyödyntävään kaasuhälyttimeen päädyttiin alhaisen huollon tarpeen sekä nopean vasteajan vuoksi. Laitetoimittajan mukaan Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälyttimeä on käytössä muun muassa öljynpora-autoilla, mikä osoittaa niiden soveltuvuuden haastaviin olosuhteisiin. Testattava yksilö oli kalibroitu tärpättikaasulle. (23).

5.2.2 Laitteen asennus

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR asennettiin koteloon, joka kiinnitettiin haihduttamon pumppukaivon läheisyydessä olevaan pylvääseen (kuvassa 14 oikealla). Kaasuhälytintä asennettiin koteloon horisontaalisesti, mikä valmistajan mukaan vähentää merkittävästi kosteuden ja lian kertymistä optisille pinnoille (30, s. 17). Laitteen erillinen virtalähde asennettiin läheiseen kenttäkoteloon. Virtalähteelle tuotiin syöttöjännite sähkökeskukselta.



KUVA 14. Haihduttamon pumppukaivo (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

Kenttäkotelolta vietiin nelinapaisella instrumentointikaapelilla 24 V:n käyttöjännite kaasuhälyttimelle. Kaapelin toinen johdinpari kytkettiin viemään kaasuhälyttimeltä lähtevä 4–20 mA:n standardiviesti kenttäkotelolle, josta se vietiin edelleen runkokaapelilla ristikytkentään. Ristikytkennästä virtaviesti vietiin I/O-kehikon analogiakortin kautta prosessiasemalle. Kaasuhälytin liitettiin haihduttamolla käytössä olevaan Honeywell Alcont 1 -automaatiojärjestelmään ja laitteen mittausdata tallentui sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään.

5.3 Näytteenottojärjestelmä

Näytteenottoa varten tuli rakentaa erillinen näytteenottojärjestelmä, jonka avulla näytekaasu saataisiin imettyä pumppukaivosta kaasuhälyttimelle. Näytekaasu imettiin paineilmaejektorin avulla kuvan 14 etualalla näkyvästä laimeitten hajukaasujen keräilyputkesta kaasuhälyttimen mittauskammioon, josta se poistui paineilman mukana huoneilmaan. Lisäksi näytteenottolinjaan asennettiin venttiili ja rotametri, joiden avulla näytekaasun virtausta voitiin säätää. Flow Housing -adapteria käytettäessä näytekaasun virtauksen tuli valmistajan mukaan olla 0,7–2,0 l/min (30, s. 25). Näytteenottolaitteisto kiinnitettiin samaan koteloon kuin itse kaasuhälytin (kuva 15).



KUVA 15. Kaasuhälytin ja näytteenottojärjestelmä (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

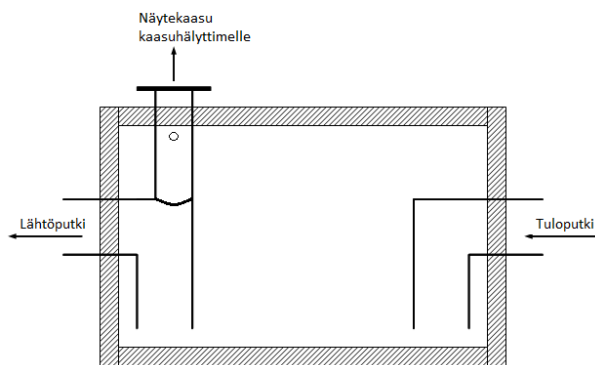
Ensimmäisellä näytteenottoyrityksellä ilmeni ongelmia. Näytteenottojärjestelmä toimi kuten piti, mutta laimeiden hajukaasujen putkesta tuli näytteen mukana vettä. Veden kulkeutuminen mittalaitteelle aiheutti ongelmia, sillä kaasuhälyttimeen optisten pintojen tulee olla puhtaat ja kuivat luotettavien mittaustulosten saamiseksi.

Näytteenottoyhde päätettiin siirtää pumppukaivon betonikannessa olevaan luukkuun, jossa oli jo ennestään jäteveden johtokykyä mittaavan anturin läpivienti (kuvassa 14 vasemmalla). Ongelma ei kuitenkaan ratkennut näytteenottoyhteen siirrolla, vaan myös suoraan pumppukaivosta imetyn näytteen mukana tuli kosteutta, joka tiivistyi näytteenottolinjassa nesteeksi. Näytteenottolinja asennettiin viettämään pumppukaivoa kohti nesteen mittalaitteelle kulkeutumisen minimoimiseksi, mutta oli selvää, että näytekaasu piti saada jollain keinolla kuivattua ennen mittalaitetta. (Kuva 16.) Näytekaasun kuivaamista on käsitelty luvussa 5.5.



KUVA 16. Näytteenottolinja (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

Kuvassa 17 on havainnollistettu näytteenottoyhteen sijaintia haihduttamon pumppukaivossa. Näytekaasu imetään pumppukaivon lähtöputkesta, jota pitkin kaivon jätevesi etenee lipeälinjan pumppukaivoon. Putken yläosassa on pieni reikä, jonka kautta näytteeseen pääsee kulkeutumaan kaasua myös putken ulkopuolelta.



KUVA 17. Havainnekuva haihduttamon pumppukaivosta (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

5.4 Testaus

Ennen näytteenotossa ilmenneeseen ongelmaan perehtymistä päätettiin kaasuhälytintä testata, jotta saataisiin varmuus laitteen toiminnasta ja sen soveltuvuudesta tärpättikaasun mittaamiseen. Kaasuhälyttimen toiminta varmistettiin ensin kalibrointikaasulla, jonka jälkeen testattiin kaasuhälyttimen reagointia nestemäisestä tärpätistä haihtuvaan tärpättikaasuun.

Sellutehtaalla on käytössä ABB Oy:n lisensoima tiedonkeruujärjestelmä, johon kaasuhälyttimen mittausdata tallentui. Lisäksi laitteiden mittausarvoja voitiin seurata reaaliaikaisesti mäntyöljykeittämöllä sijaitsevasta valvomonäytöstä. Testeissä käytettiin apuna myös kannettavaa GasAlertMicro 5 PID -monikaasuhälytintä.

5.4.1 GasAlertMicro 5 PID

GasAlertMicro 5 -sarjan laitteet (kuva 18) on tarkoitettu henkilökohtaiseen suojautumiseen tiloissa, joissa voi ilmetä syttyviä tai myrkyllisiä kaasuja sekä hapen puutetta. Sarjan monikaasuhälytimiä on saatavilla kolmena eri versiona, joko vakiomallina myrkyllisille kaasuille, PID-mallina haihtuville orgaanisille yhdisteille tai IR-mallina hiilidioksidin havaitsemista varten. GasAlertMicro 5 PID on näin muokattavissa moneen eri käyttökohteeseen sopivaksi. (23; 31.)



KUVA 18. GasAlertMicro 5 PID (32)

Laitteen etupuoella on suuri ja helppolukuinen nestekidenäyttö, jonka sivuille sijoitettujen kohotettujen painikkeiden avulla käyttäjä konfiguroi laitteen halua-

mallaan tavalla. Näytön yläpuolella ovat anturit, jotka määrytyvät laitteen mallin mukaan. PID-mallissa antureina ovat sähkökemiallinen kenno, katalyyttinen helmianturi sekä fotoionisaatioanturi. VOC-yhdisteitä mittaavassa fotoionisaatioanturissa on 10,6 eV:n UV-lamppu. (31.)

Näytekaasu voidaan viedä GasAlertMicro 5 PID -monikaasuhälyttimen antureille kahdella eri tavalla, joko diffuusion tai moottoroidun pumpun avulla. Diffuusiota käytettäessä antureiden päälle asennetaan iskunkestävä kotelo, jonka läpi näytekaasu kulkeutuu antureille diffuusion ansiosta. Mikäli halutaan käyttää etänäytteenottoa, asennetaan kotelon tilalle kiinteä moottoroitu pumppu, joka imee näytekaasun antureille. Pumppuun voidaan asentaa korkeintaan 20 m pitkä letku. (23.)

Laitteen virtalähteenä toimii ladattava paristopakkaus, jonka keskimääräiseksi käyttöajaksi valmistaja lupaa 15 tuntia. Ladattava paristopakkaus voidaan myös korvata tavallisilla AA-alkaliparistoilla, jotka tarjoavat laitteelle yhtä pitkän käyttöajan kuin ladattava paristopakkaus (31). Virtalähde kiinnittyy laitteen takaosaan ja se on helposti vaihdettavissa pikakiinnityksen ansiosta. Lisäksi laitteen takaa löytyy ruostumattomasta teräksestä valmistettu hauenleukakiinnitin, jonka avulla kaasuhälytin voidaan helposti kiinnittää työvaatteisiin, jolloin laite kulkee aina mukana vaarallisilla alueilla työskenneltäessä.

GasAlertMicro 5 -monikaasuhälytin tallentaa mittausdatan laitteen virtalähteen alta löytyvään SD-muistikorttiin. Laite voidaan konfiguroida keräämään tietoa 1–127 sekunnin välein (33, s. 64). Käyttäjä pääsee mittausdataan käsiksi tietokoneen ja laitevalmistajan internet-sivuilta saatavan Fleet Manager 2 -ohjelman avulla.

5.4.2 Testaus kalibrointikaasulla

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälyttimen toiminnan varmistamiseksi suoritettiin käytännön kaasutesti Sarlin Oy Ab:lta hankitulla kalibrointikaasulla (kuva 19). Kalibrointikaasuna käytettiin 1,25 %V/V:n metaanikaasua, jolle kaasuhälyttimen mittausarvon tulisi laitetoimittajan mukaan olla 25 %LEL (34). Mittausarvon muutosta seurattiin mäntyöljykeittämöllä olevasta valvomonäytös-

tä. Kaasutestissä laitteen mittausarvo vakiintui arvon 22 %LEL paikkeille. Testin tulos osoitti laitteen toimivan oikein, sillä laitteen käyttöohjekirjan mukaan kaasutestin mittaustulos sai poiketa ± 5 %LEL kalibrointikaasun arvosta (30, s. 48–49).



KUVA 19. Testaus kalibrointikaasulla (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

5.4.3 Testaus tärpättikaasulla

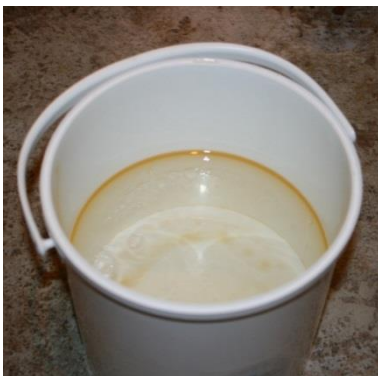
Kun kaasihälyttimen toiminnasta saatiin varmuus, testattiin seuraavaksi laitteen reagointia tärpättiin. Testejä varten otettiin tärpättinäyte dekantterilta. Testeissä käytettiin apuna 3 l:n vetoista astiaa, jonka kanteen tehtiin kaksi reikää näytteenottoletkua ja korvausilman saantia varten.

Ensimmäisessä testissä astian pohjalle kaadettiin noin 0,5 dl tärpättiä, jonka jälkeen kansi suljettiin ja näytteenottoletku asetettiin imemään näytettä astian yläosasta (kuva 20). Mittausarvossa tapahtui nopeasti muutos ja arvo nousi noin minuutin kuluessa mittausalueen ylärajalle arvoon 107 %LEL. Mittausarvo pysyi ylärajalla näytteenoton lopettamiseen saakka, jonka jälkeen mittausarvo palautui arvoon 0 %LEL noin kahdessa minuutissa.



KUVA 20. Näytteenotto astiasta (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

Seuraavassa testissä astiaan lisättiin noin 2 l lämmintä vettä (kuva 21). Astian annettiin olla vähän aikaa ilman kantta, jotta edellisen testin aikana tärpätistä haihtuneet kaasut poistuvat astiasta. Tämän jälkeen kansi asetettiin paikalleen ja näytteenotto aloitettiin. Mittausarvossa tapahtui nopeasti muutos kuten edellisessä testissäkin, mutta mittauksen huippuarvo oli alhaisempi. Mittausarvo asettui arvoon 62 %LEL noin kolmessa minuutissa.



KUVA 21. Tärpättipitoista vettä (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

Kaasuhälyttimen mittautiedot tallentuivat sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään. Kuvassa 22 näkyvät testien aikana tallentuneet mittausarvot (%LEL) ajan funktiona. Kuvan korkeampi käyrä kuvaa kaasuhälyttimen vastetta tärpättiin ja matalampi tärpättipitoiseen veteen.



KUVA 22. Mittaustulokset sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmässä (35)

Molempien tärpättikaasutestien aikana kokeiltiin myös kannettavan GasAlert-Micro5 PID -monikaasuhälyttimen reagointia tärpättikaasuun. Laite havaitsi tärpättikaasun molemmissa testeissä todella nopeasti. Laitteen mittausalue (0–1000 ppm) kuitenkin ylittyi molemmilla kerroilla, jolloin mittaustuloksia ei voitu verrata kiinteästi asennetun kaasuhälyttimen mittaustuloksiin.

5.5 Näytekaasun kuivaus

Tärpättikaasulla tehtyjen kokeiden tulokset näyttivät lupaavilta, joten oli jälleen aika keskittyä pumppukaivosta imettävän näytekaasun kuivaamiseen. Näytekaasua päätettiin yrittää kuivata adsorptiosuodattimella. Pidemmällä aikavälillä tämä suodatin ei ole järkevä ratkaisu, mutta sen uskottiin mahdollistavan kaasuhälyttimen testaamisen edullisesti. Adsorptiosuodattimen toiminta perustuu suodattimen sisällä olevaan kuivausaineeseen, joka imee kosteutta itseensä ohikulkevasta näytekaasusta. Sarlin Oy Ab toimitti kuivausaineeksi paineilma-kuivaimissa käytettävää alumiinioksidiraetta, jonka jälkeen kuivausaineelle alettiin etsimään sopivaa suodatinrunkoa. Lopulta sopiva suodatinrunko löytyi, mutta tuotteen toimitusaika venyi pitkäksi.

Koska näytteenottoa pumppukaivosta haluttiin päästä testaamaan mahdollisimman pian, päätettiin sopiva suodatinrunko rakentaa tehtaan varastolta löytyneestä ilmansuodattimesta. Ilmansuodatin täytettiin kuivausaineella ja asennettiin näytelinjaan, jonka jälkeen aiemmin tehdyt kaasutestit toistettiin.

Kokeiden aikana huomattiin, ettei kuivausaine sovellu tässä tapauksessa näytekaasun kuivaamiseen. Suodattimen ollessa täynnä kuivausainetta kaasuhälytin ei havainnut tärpätti- eikä metaanikaasua lainkaan. Kuivausaineen määrän puolittamisen jälkeen kaasuhälytin ei havainnut tärpättikaasua, mutta kaasuhälyttimen vaste metaanikaasuun vastasi aiemmin ilman suodatinta tehtyjen kokeiden vastetta. Tämän perusteella tärpättikaasun epäiltiin adsorboituvan alumiinioksidirakeisiin. Tarkemman perehtymisen jälkeen selvisi, että kuivausaineena käytettävä alumiinioksidi voi adsorboida itseensä kosteuden lisäksi myös joitain raskaita hiilivetyjä (36). Näin ollen kuivausaineen käytöstä päätettiin luopua.

Lopulta aiemmin tilattu suodatinrunko saapui ja se päätettiin asentaa näytelinjaan ilman kuivausainetta (kuva 23). Suodattimeen laitettiin kuitenkin lasikuitukangasta, jonka tehtävänä oli poistaa näytekaasusta kiinteitä epäpuhtauksia. Kuvassa 23 näkyy myös suodattimen alapuolelle asennettu lauhdeastia, johon kerätään suodattimeen kondensoitunut neste. Tarkoituksena oli aloittaa näytteenotto haihduttamon pumppukaivosta ja seurata, kondensoituuko näytekaasun mukana tuleva kosteus suodattimeen vai kulkeutuuko se edelleen kaasuhälyttimen mittauskammioon saakka.



KUVA 23. Näytteenottolinjaan asennettu suodatin ja lauhdeastia (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

Näytteenotto haihduttamon pumppukaivosta aloitettiin ja tilannetta seurattiin viikon ajan, jonka jälkeen kaasuhälyttimen mittauskammio tarkastettiin. Suodatimeen kertyi viikon ajan tasaisesti vettä, eli suodatin poisti näytekaasusta merkittävästi kosteutta ilman kuivausainettakin. Kaasuhälyttimen mittauskammiossa ei tarkastuksessa näkynyt merkkejä kosteudesta.

Vaikka suodatin näytti poistavan merkittävästi kosteutta näytekaasusta, päätettiin näytelinjan toiseen päähän asentaa vielä permeaatiokuivain kuivaamaan näytekaasua entisestään (kuva 24). Permeaatiokuivain koostuu ioninvaihtomembraaniputkista, jotka kuivaavat näytekaasuvirran päästämällä vesimolekyylit lävitseen (18, s. 26). Näytelinjan uskottiin nyt mahdollistavan näytteenoton haihduttamon pumppukaivosta ilman, että näytekaasun kosteus vääristäisi mitaustuloksia.



KUVA 24. Näytelinjaan asennettu permeaatiokuivain (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

5.6 Ion Science TVOC

Kannettavan GasAlertMicro 5 PID -monikaasuhälyttimen testitulosten perusteella alettiin etsimään PID-teknologiaa hyödyntävää kiinteästi asennettavaa kaasuhälytintä. Lopulta Sintrol Oy:n valikoimasta löytyi kiinteästi asennettava Ion Science TVOC -kaasuhälytin. Sintrol Oy toimitti laitteen sellutehtaalle testattavaksi työn loppupuolella.

5.6.1 Laitteen kuvaus

Ion Science TVOC on kiinteällä näytöllä varustettu kaasuhälytin (kuva 25), joka on tarkoitettu haihtuvien orgaanisten yhdisteiden havaitsemiseen ja mittaamiseen. TVOC:n toiminta perustuu PID-teknologiaan.



KUVA 25. Ion Science TVOC (37, s. 1)

Laite mittaa kaasun kokonaishiilivetypitoisuutta ppm-alueella. Se ei siis tunnista kaasuseoksen eri komponentteja, vaan laitetta käyttäessä tulee etukäteen tietää, minkä kaasun pitoisuutta mitataan. Laite kalibroidaan tavallisesti isobutyleenille, jonka jälkeen se yksilöidään halutulle yhdisteelle korjauskertoimen avulla. Laite voidaan kalibroida myös suoraan mitattavalle kaasulle. (37, s. 6.)

Laitteen mittayksiköksi voidaan asettaa joko ppm tai mg/m^3 . Ppm-yksikköä käytettäessä käyttäjällä on valittavanaan kolme eri mittausaluetta, jotka ovat 0,01–10 ppm, 0,1–100 ppm tai 1–1000 ppm. Halutut parametrit konfiguroidaan laitteen sisällä olevien pinnien avulla.

Myös laitteen mittaustaajuutta voidaan muuttaa, mutta toimenpide vaatii erillisen magneetin. Laite sytyttää 10,6 eV:n UV-valon ja suorittaa mittauksen asetetun ajan välein, jonka jälkeen lamppu sammuu. Mittausvälin minimipituus on 1 sekunti ja maksimipituus 5 minuuttia. Mittausväliä ei kannata pitää tarpeettoman lyhyenä, koska se lyhentää UV-lampun käyttöikää. Laitteen ulostulosignaali on jatkuva 4–20 mA:n standardiviesti. (37, s. 9–16.)

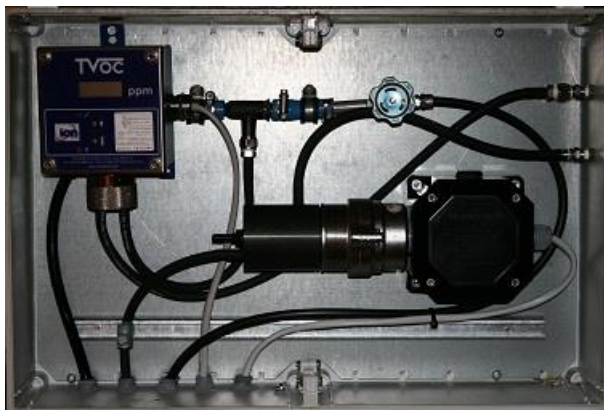
Lisävarusteena saatava Flow Adaptor -adapteri mahdollistaa laitteen käytön ekstraktiivisessa mittauksessa. Testattavaksi saatu yksilö oli kalibroitu isobutyleenille ja konfiguroitu oletusasetuksille. Oletusasetuksilla mittausalue on 1–

1000 ppm ja mittalaite päivittää mittaustuloksen 60 sekunnin välein. Isobutyleenille kalibroidun laitteen mittaustuloksesta voidaan laskea tärpättikaasun pitoisuus korjauskertoimen avulla. Laitevalmistajan mukaan tärpätin korjauskertoimen on 0,6, eli tärpättikaasun pitoisuuden saamiseksi pitää isobutyleenille kalibroidun mittalaitteen mittausrvo kertoa korjauskertoimella 0,6. (37, s. 6; 38.)

5.6.2 Laitteen asennus

Myöhemmin testattavaksi saapunut Ion Science TVOC asennettiin samaan koteloon kuin aiemmin asennettu kaasuhälytin. Laite liitettiin haihuttamon Honeywell Alcont 1 -automaatiojärjestelmään samalla tavalla kuin edeltäjänsäkin.

Koska molemmat kaasuhälyttimet ovat optisia mittalaitteita, voitiin laitteet asentaa sarjaan samaan näytelinjaan (kuva 26). Tämä on mahdollista, koska kumpikaan laite ei tuhoa näytekaasua mittauksen aikana. Näytteenottoa varten laitteeseen asennettiin Flow Adaptor -adapteri, jota käytettäessä näytekaasun virtauksen tuli valmistajan suositusten mukaan olla 250–500 ml/min (37, s. 25).



KUVA 26. Kaasuhälyttimet näytteenottolinjassa (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)

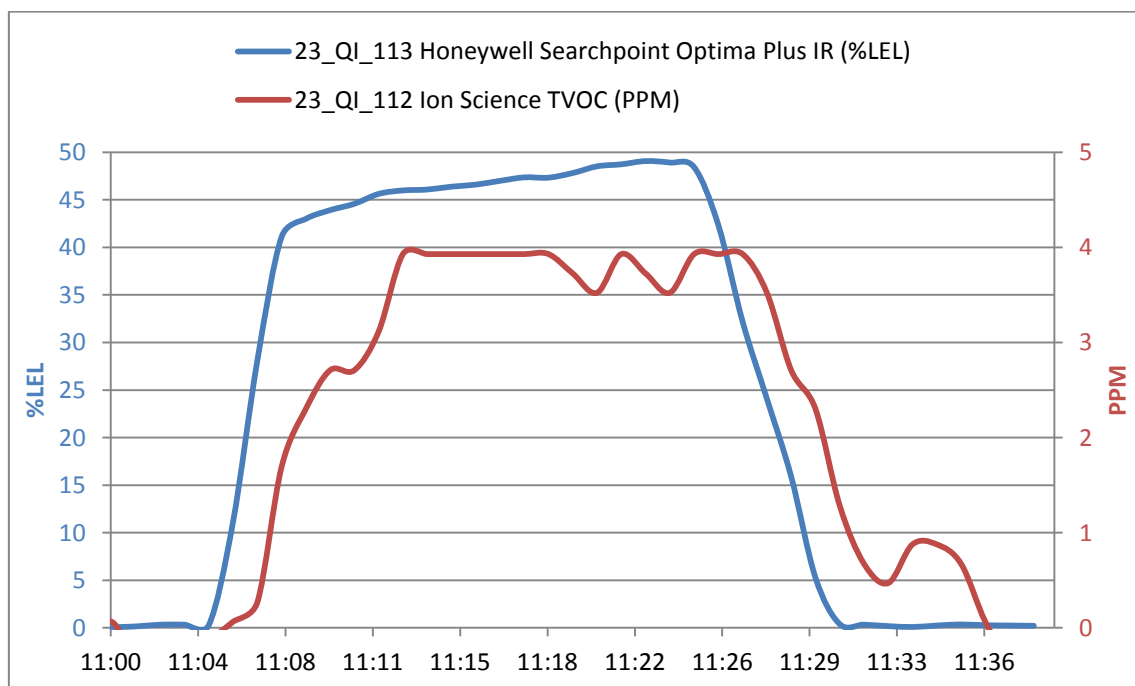
5.6.3 Testaus

Laitteen mukana ei tullut kalibrointikaasua, joten testaus suoritettiin vain tärpättikaasulla. Honeywellin laitteen kalibrointikaasuna käytettyä metaanikaasua ei tässä tapauksessa voitu hyödyntää, koska PID-sensori ei havaitse metaanikaasua. Tämä johtuu metaanin 12,61 eV:n ionisaatioenergiasta, joka on korkeampi kuin Ion Science TVOC:n UV-lampun energiamäärä (29, s. 8).

Kun laite oli saatu asennettua, toistettiin Honeywellin kaasuhälyttimelle tärpättikaasulla tehty testi, jossa näytettä imettiin lämmintä vettä ja tärpättiä sisältävää astiasta. Molemmat kaasuhälyttimet olivat toiminnassa samaan aikaan, jolloin sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään tallentuneita mittaustietoja voitiin vertailla. Koska valmistajien suositukset näytekaasun virtausnopeudeksi poikkesivat hieman toisistaan, suoritettiin testi kahdella eri virtausnopeudella.

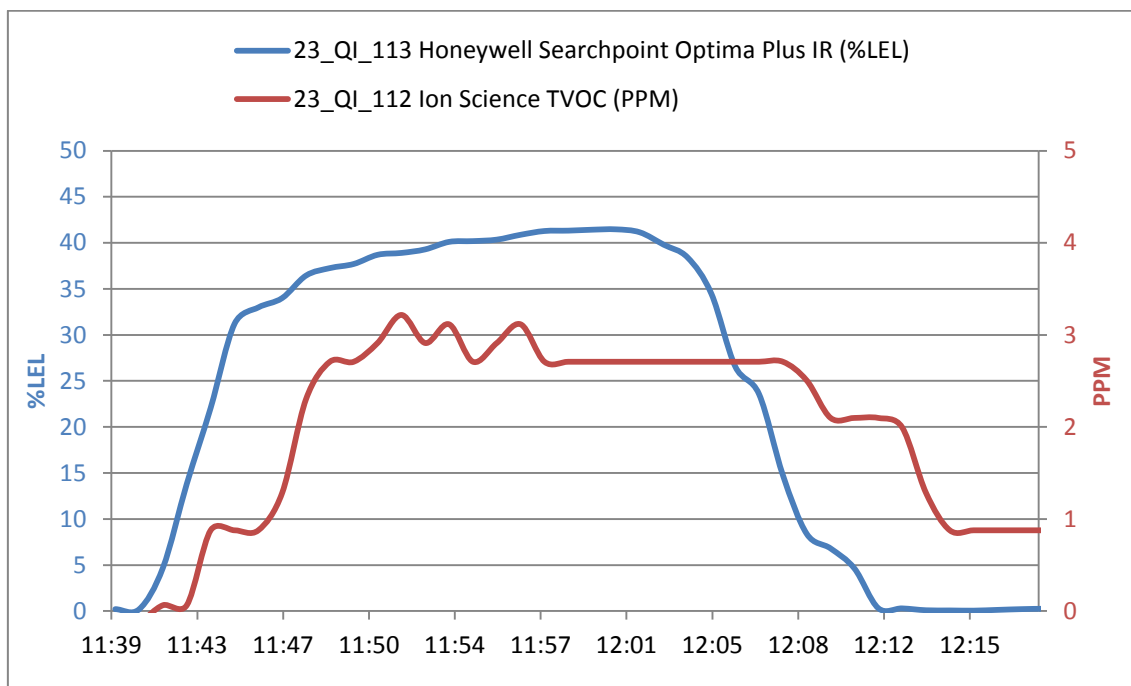
Kaasuhälyttimien mittaustuloksista piirrettiin kaaviot. Ion Science TVOC:n tapauksessa tärpättikaasulle tarkoitettua korjauskerrointa ei otettu huomioon, vaan kaaviot piirrettiin suoraan kaasuhälyttimien mittaustulosten yhden minuutin keskiarvoista.

Ensimmäisessä testissä virtausnopeudeksi asetettiin 0,7 l/min, joka on Honeywellin kaasuhälyttimen suositeltu minimivirtausnopeus. Kaasuhälyttimien mittaustulokset on esitetty kuvassa 27.



KUVA 27. Mittaustulokset virtausnopeudella 0,7 l/min

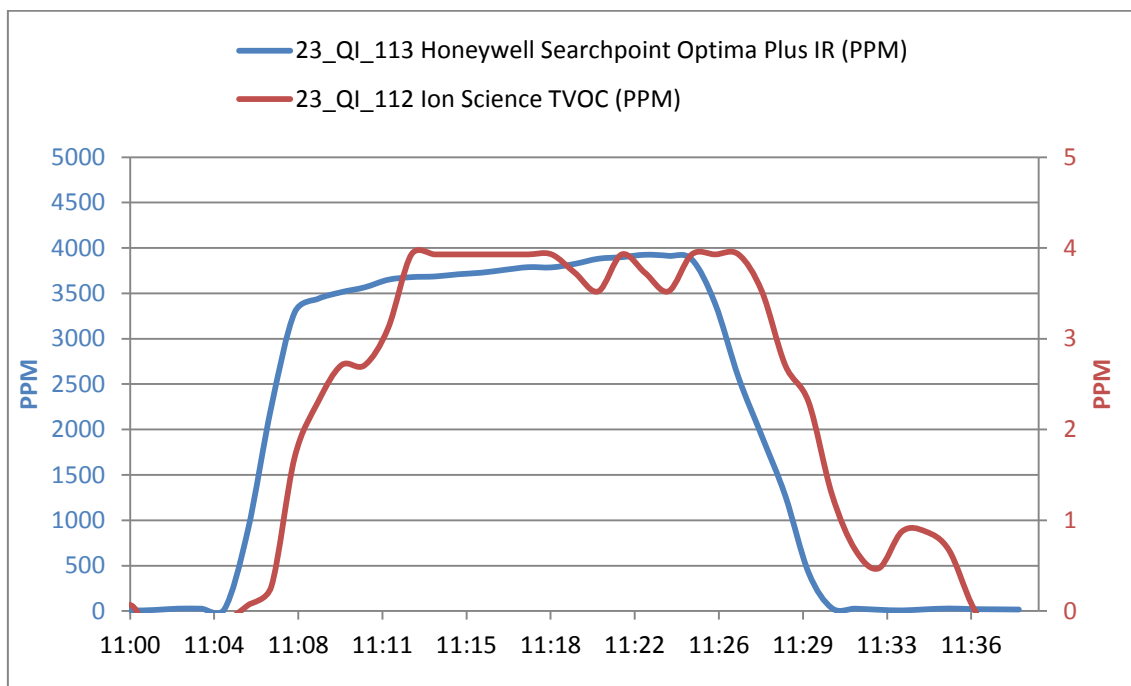
Toisessa testissä näytekaasun virtausnopeus pudotettiin Ion Science TVOC -kaasuhälyttimen suositeltua virtausnopeutta vastaavaksi. Näytekaasun virtausnopeudeksi asetettiin 0,4 l/min. Mittaustulokset on esitetty kuvassa 28.



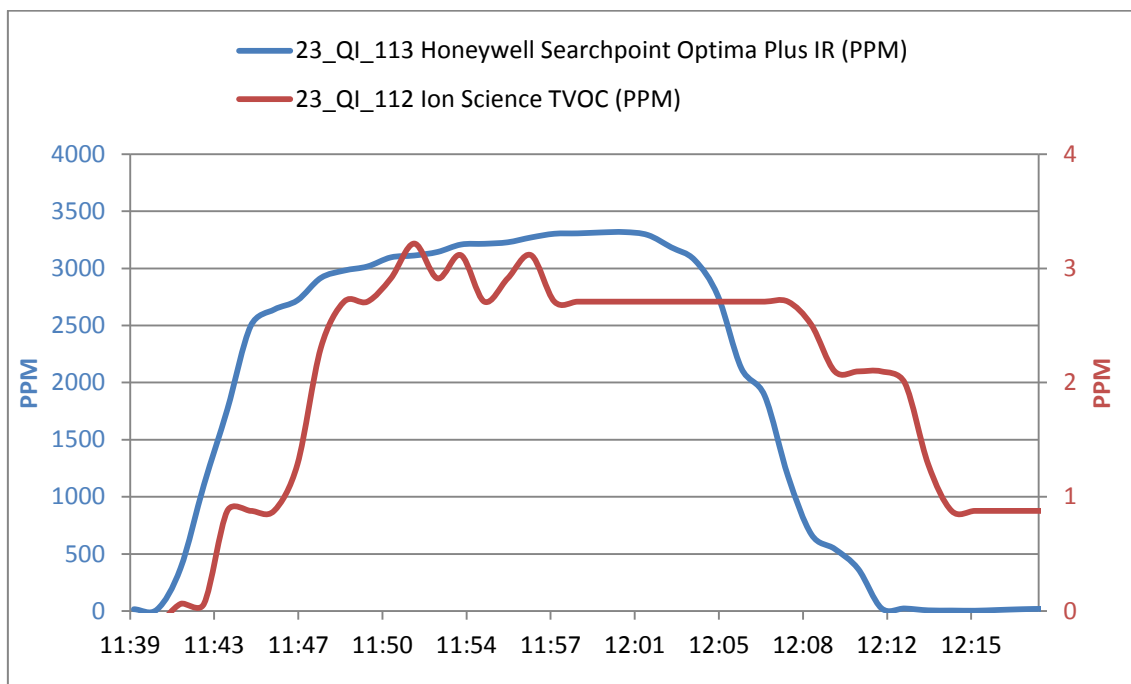
KUVA 28. Mittaustulokset virtausnopeudella 0,4 l/min

Mittaustuloksista huomataan laitteiden mittaustulosten poikkeavan toisistaan todella paljon. Ion Science TVOC -kaasuhälyttimen todella alhaiset mittaustulokset yllättivät, sillä samaan mittaustekniikkaan perustuvan kannettavan monikaasuhälyttimen mittausalue ylittyi tälläkin kertaa vain muutamassa sekunnissa.

Honeywellin kaasuhälyttimen mittaustulokset muunnettiin kaavan 1 avulla yksikköön ppm ja mittaustuloksista piirrettiin kaaviot. Kuvista 29 ja 30 nähdään suoraan kaasuhälyttimien mittausravojen todella suuret poikkeamat. Honeywellin kaasuhälyttimen mittaaman kaasupitoisuuden huippuarvo oli lähes 4000 ppm, mutta Ion Sciencen kaasuhälyttimen mittaama huippuarvo oli ainoastaan 4 ppm.



KUVA 29. Mittaustulokset virtausnopeudella 0,7 l/min yksikössä ppm



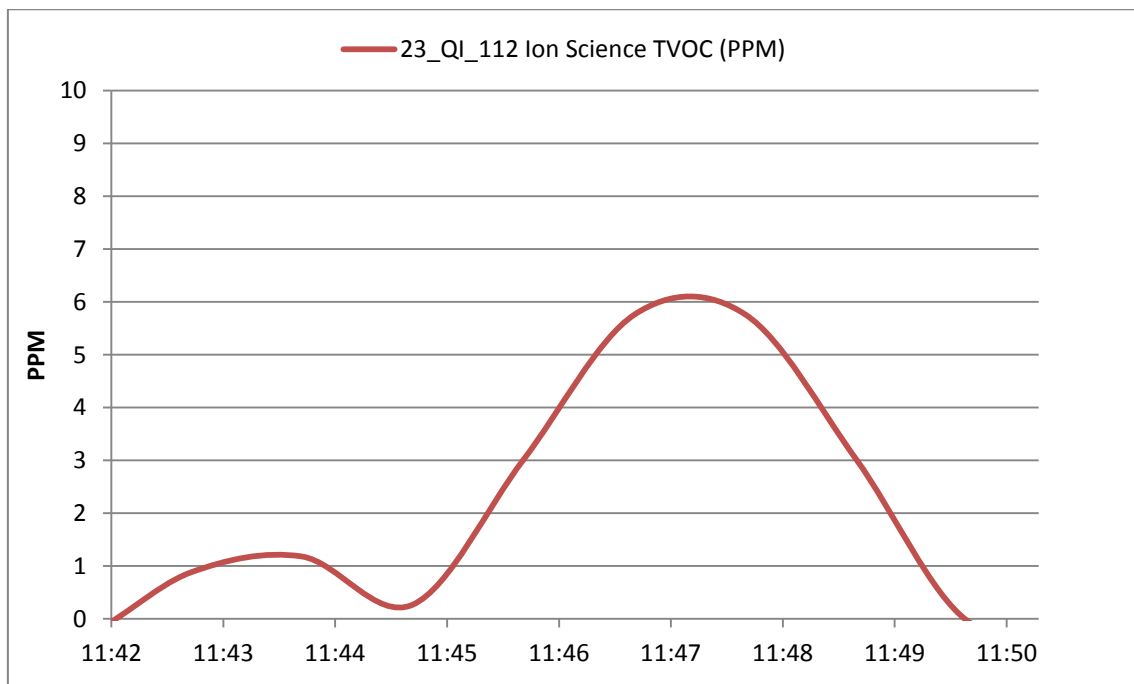
KUVA 30. Mittaustulokset virtausnopeudella 0,4 l/min yksikössä ppm

Ion Science TVOC irrotettiin näytelinjasta ja näytteenottoa varten asennetun adapterin tilalle vaihdettiin tilojen valvonnassa käytettävä Sensor Cap. Laitteen alapuolelle asettettiin tärpättiä sisältävä astia, josta tärpättikaasu eteni laitteelle

diffuusion avulla (kuva 31). Testin tarkoituksena oli varmistaa, etteivät laitteen alhaiset mittaustulokset johtuneet näytteenottojärjestelmästä. Mittaustulokset näkyvät kuvassa 32.



KUVA 31. Testaus ilman näytteenottojärjestelmää (kuva: Vesa-Matti Kivilahti)



KUVA 32. Kaasuhälyttimen mittaustulokset

Tuloksista huomataan, että laitteen mittausarvot olivat tälläkin kertaa todella alhaiset. Näin ollen aiempien testien alhaiset mittausarvot eivät johtuneet näyt-

teenottojärjestelmästä, vaan laite ei jostain syystä reagoi tärpättikaasuun yhtä vahvasti kuin Honeywellin kaasuhälytin.

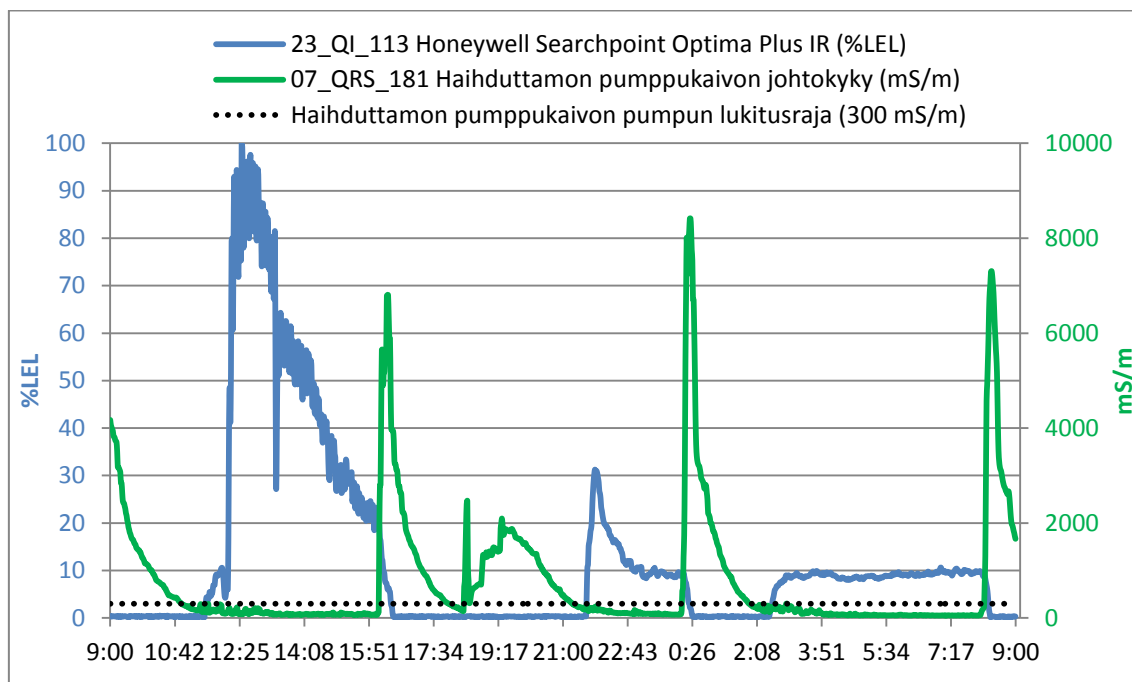
Ion Science TVOC:n erittäin alhaiset mittausarvot herättivät epäilyksiä laitteen toimintakunnosta. Tärpättikaasulle tarkoitettua korjauskerrointa 0,6 käytettäessä mittausarvot olisivat olleet vieläkin alhaisemmat. Laite ei missään vaiheessa indikoinut vikatilanteista, mutta sen toimintaa ei myöskään voitu varmistaa ilman kalibrointikaasua. Näin ollen ei voida sivuuttaa mahdollisuutta, että testattava yksilö oli viallinen.

6 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

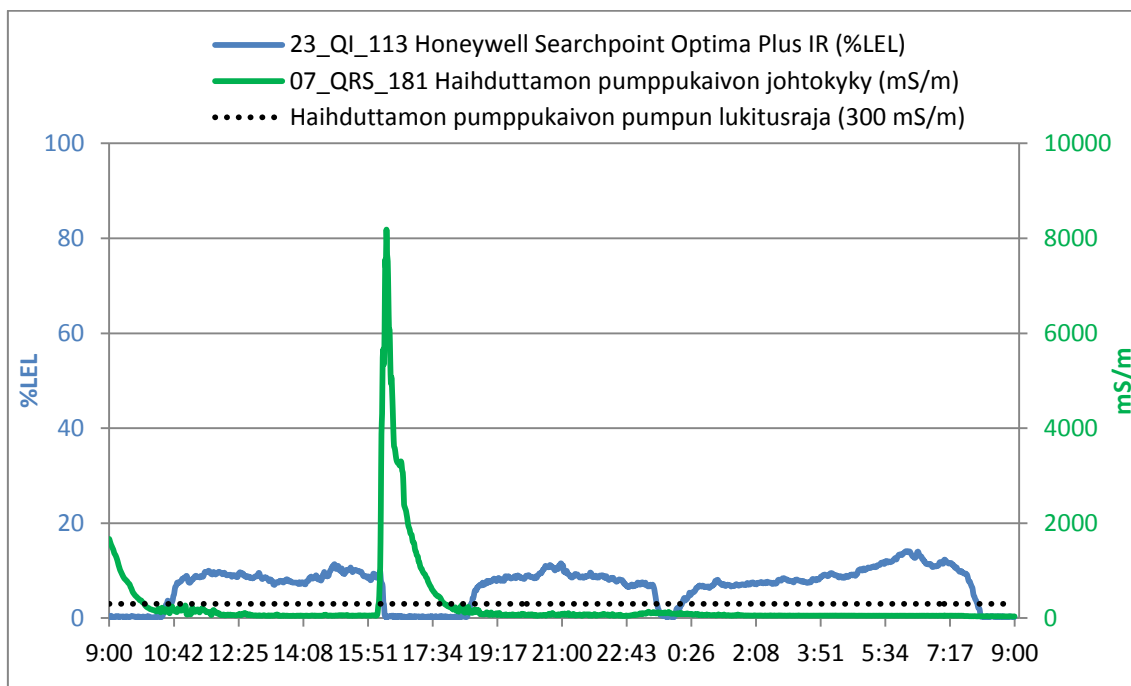
Näytteenotossa ilmenneiden ongelmien ratkettua voitiin mittaukset haihduttamon pumppukaivosta aloittaa. Koska Ion Science TVOC saapui tehtaalle vasta työn loppuvaiheessa, aloitettiin mittaukset Honeywellin kaasuhälyttimellä.

Koska kaasuhälyttimet eivät ole spesifisiä tietyille yhdisteille, ne voivat reagoida myös muihin hiilivetyihin kuin tärpähtiin. Haihduttamon pumppukaivoon ohjautuvat haihduttamon ja mäntyöljykeittämön säiliöiden ylitteet ja tyhjennykset sekä lattia- ja huuhteluvedet, jolloin siellä voi olla muita mittausta häiritseviä yhdisteitä. Kaasuhälyttimien mittaustuloksia verrattiin haihduttamon pumppukaivon johtokykymittauksen mittaustuloksiin, jotta nähdään, havaitseeko kaasuhälytin jotain, mikä ei johtokykymittauksessa näy. Kaavioiden käyrät on piirretty mittaustulosten yhden minuutin keskiarvoista.

Maanantaina 27.1.2014 huomattiin sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään tallentuneen normaalista poikkeavia mittaustuloksia. Kaasuhälytin oli havainnut haihduttamon pumppukaivossa kaasua edeltävänä viikonloppuna (kuvat 33 ja 34).



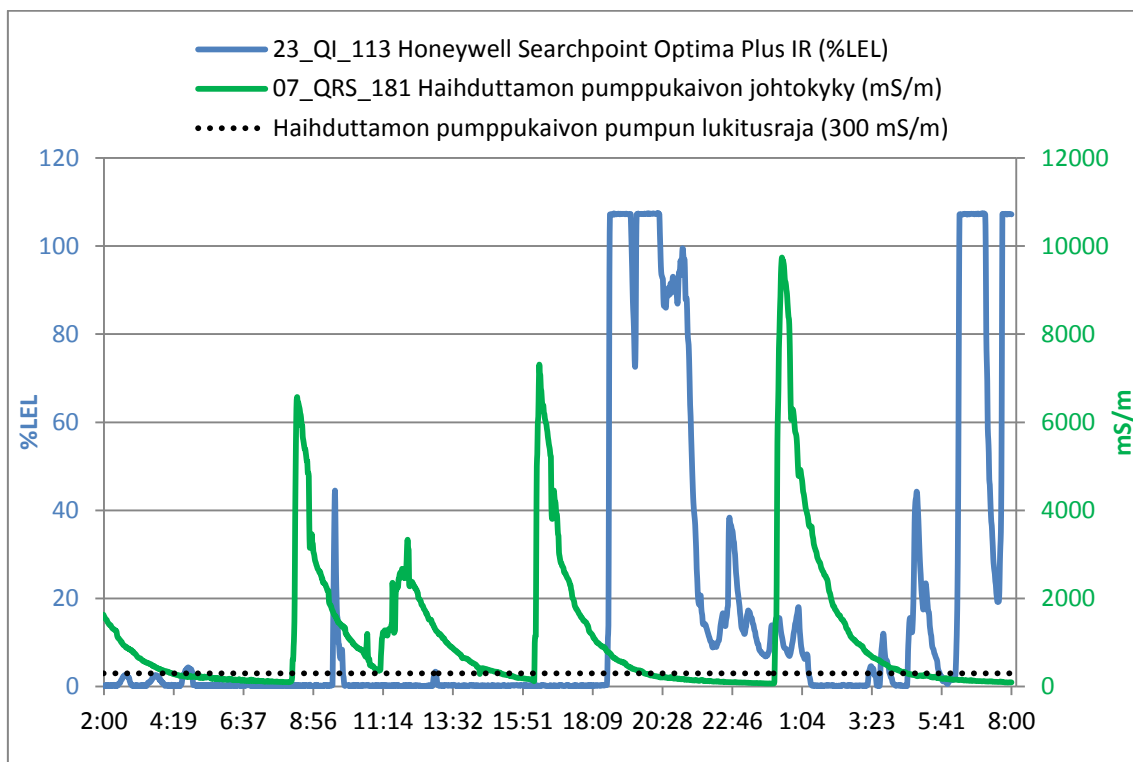
KUVA 33. Mittaustulokset 24.1.2014–25.1.2014



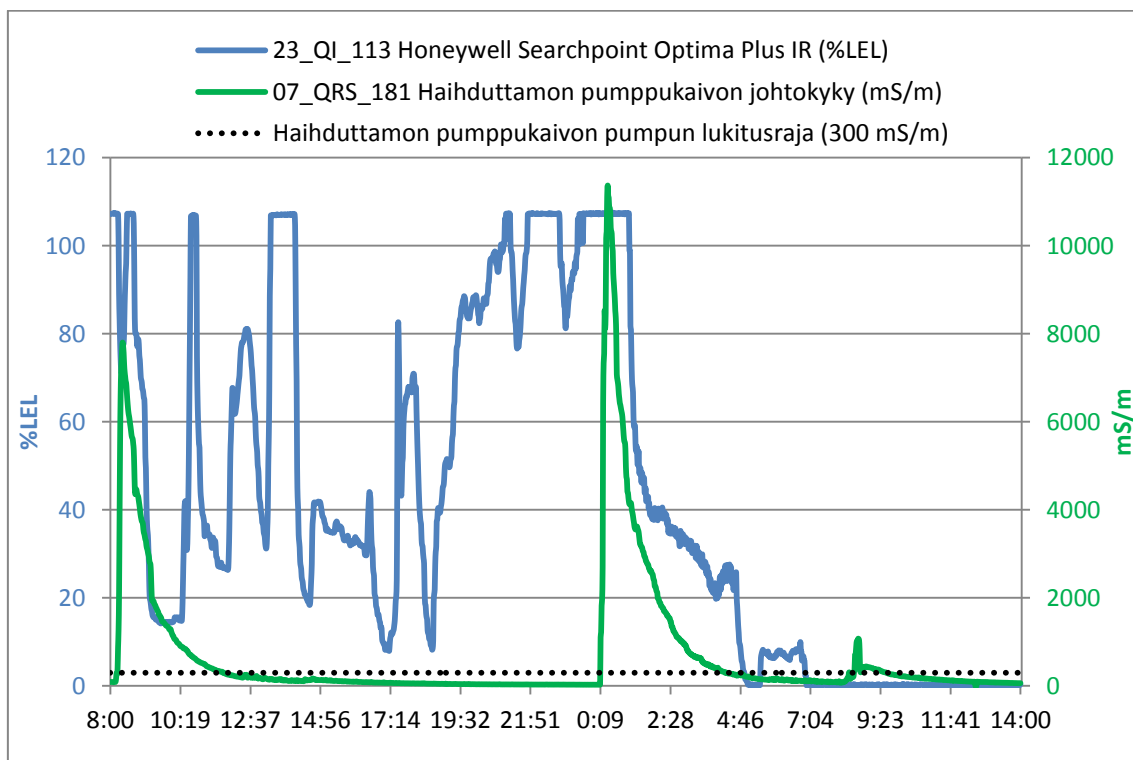
KUVA 34. Mittaustulokset 25.1.2014–26.1.2014

Mittaustuloksista huomataan, että kaasuhälytín on reagoinut aineeseen, joka ei ole aiheuttanut jäteveden johtokyvyn merkittävää nousua. Kaasuhälyttimen mittausarvo on pudonnut nolnaan, kun jäteveden johtokyvyn nousu on käynnistänyt jäteveden pumppaamisen keräilylipeäsäiliöön. Mikäli kaasuhälyttimen oletetaan reagoineen tärpättikaasuun, voivat jäteveden pinnankorkeuden vaihtelut selittää kaasuhälyttimen mittausarvon ajoittaisen alenemisen. Kaasuhälytín on mitannut korkeimmaksi pitoisuudeksi 100 %LEL ja mittausarvo on ollut koholla parhaimmillaan jopa 8 tuntia, eli kaasuhälytín on todella havainnut hiilivetykaasua haihduttamon pumppukaivossa.

Tämän jälkeen Honeywellin kaasuhälyttimen mittaustuloksissa oli joitain yksittäisiä lyhytkestoisia piikkejä, kunnes helmikuun puolivälin jälkeen kaasuhälytín havaitsi todella korkeita hiilivetypitoisuuksia (kuvat 35 ja 36).



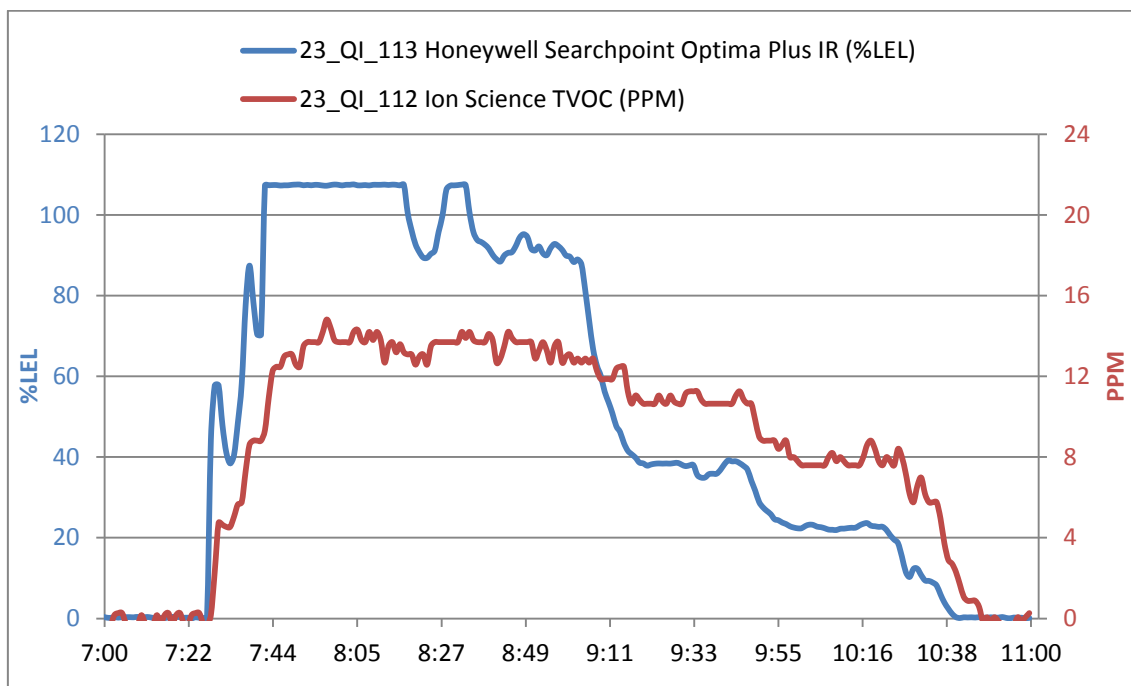
KUVA 35. Mittaustulokset 19.2.2014–20.2.2014



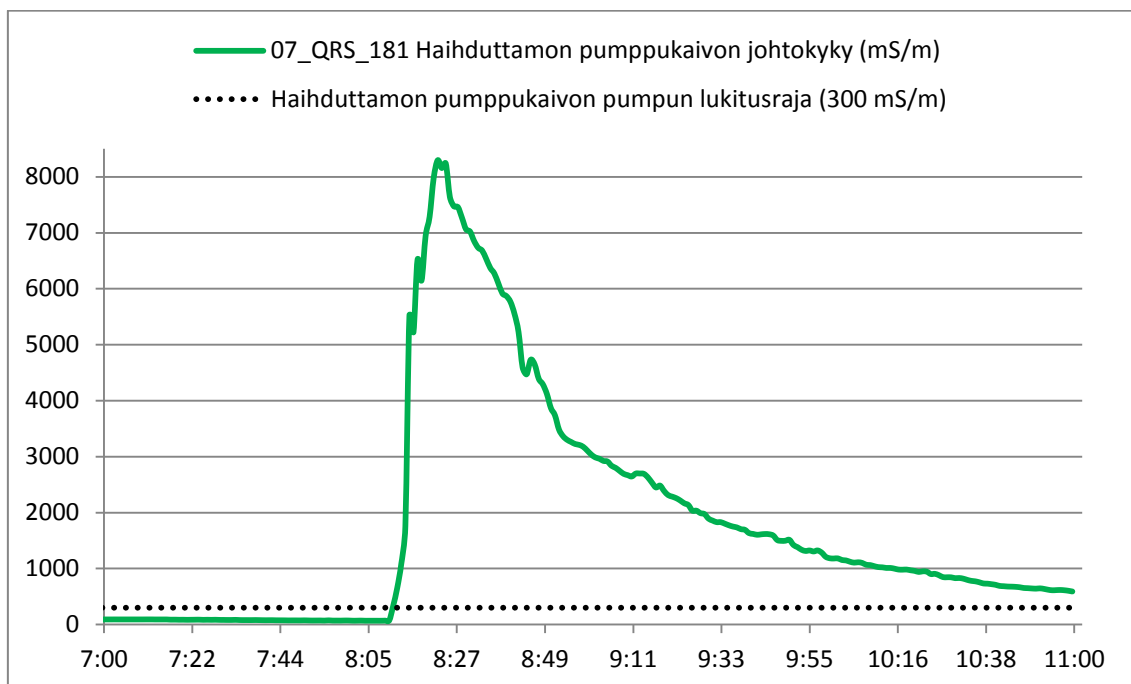
KUVA 36. Mittaustulokset 20.2.2014–21.2.2014

Mittaustuloksista huomataan, että kaasuhälyttimen mittausalue on ylittynyt selvästi useaan otteeseen, mutta samaan aikaan pumppukaivon jäteveden johtokyky ei ole ylittänyt pumpun lukitusrajaa. Tällöin kaivon jätevettä ei ole pumpattu takaisin prosessiin, vaan se on edennyt ylikätona lipeälinjan pumppukaivoon.

Ion Science TVOC:n mittaustulokset alkoivat tallentumaan sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään perjantaina 21.2.2014. Muutamaa päivää myöhemmin kaasuhälyttimet havaitsivat haihduttamon pumppukaivossa jotain normaalista poikkeavaa (kuvat 37 ja 38).



KUVA 37. Kaasuhälyttimien mittaustulokset 24.2.2014

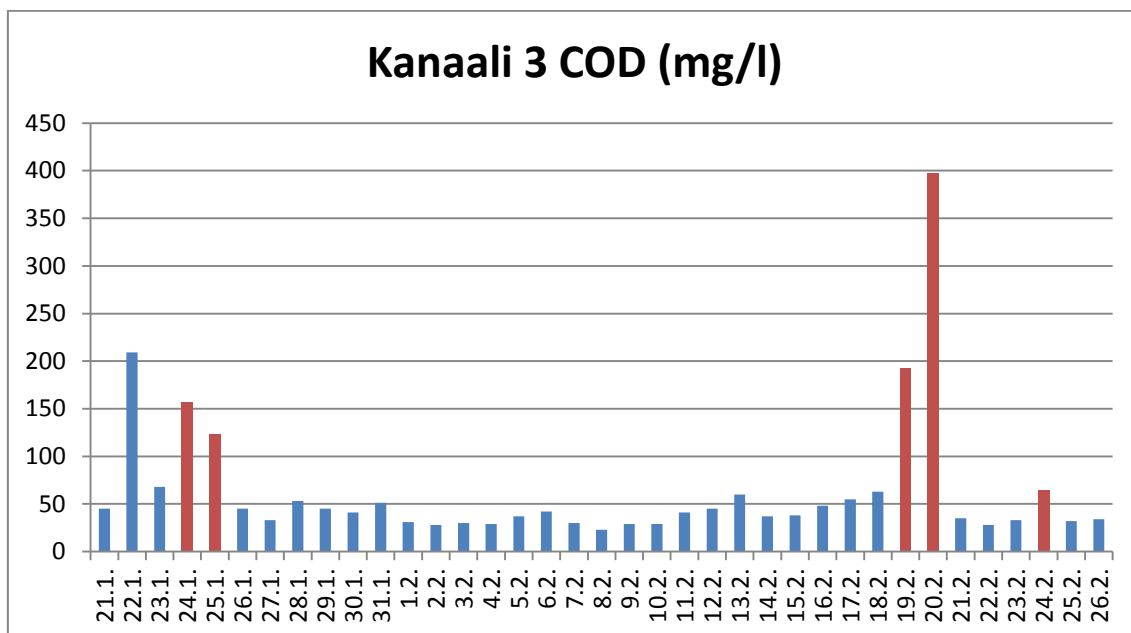


KUVA 38. Johtokymittaus 24.2.2014

Mittaustuloksista huomataan, että kaasuhälyttimet ovat havainneet kaivossa hiilivetykaasua, mutta jäteveden johtokyky nousee merkittävästi vasta noin 40 minuuttia myöhemmin. Kaasuhälyttimien mittaustulokset poikkeavat toisistaan

kuten aiemmin tehdyissä testeissäkin. Tällä kertaa Ion Science TVOC - kaasuhälyttimen mittaamat pitoisuudet olivat kuitenkin hieman testeissä saatuja korkeampia. Mittaustulosten välinen ero on kuitenkin edelleen todella suuri, sillä Honeywellin kaasuhälyttimen mittausalueen ylittyessä Ion Sciencen kaasuhälyttimen mittaama huippuarvo oli ainoastaan 15 ppm.

Lipeälinjan kanaalin eli kanaali 3:n puhtaasta jätevedestä kerätään näytettä juuri ennen veden päätymistä Oulujoen rannassa olevaan öljynerotusaltaaseen. Näytteet analysoidaan tarkemmin laboratoriossa ja tulokseksi saadaan muun muassa jäteveden kemiallinen hapenkulutus COD (Chemical Oxygen Demand). COD kuvaa jäteveden sisältämän orgaanisen aineksen täydelliseen kemialliseen hajoamiseen tarvittavaa hapen määrä (4, linkit linkit Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus -> Ympäristön suojelu -> Vesiensuojelu). Kuvassa 39 on kanaali 3:n päivittäiset COD-arvot. Päivämäärät, jolloin kaasuhälyttimet havaitsivat haihduttamon pumppukaivossa hiilivetykaasua, ovat kuvassa punaisella.



KUVA 39. Kanaali 3 COD

Kanaali 3:n COD-arvoissa ja Honeywell Searchpoint Optima Plus IR - kaasuhälyttimen mittaustuloksien välillä huomataan selkeä yhteys. Päivinä jolloin kaasuhälytтин on havainnut haihduttamon pumppukaivossa jotain normaalia poikkeavaa, ovat myös kanaali 3:n COD-arvot normaalia korkeammat. Tämä

tarkoittaa sitä, että jäteveden seassa on ollut orgaanista ainetta, joka ei ole aiheuttanut jäteveden johtokyvyn nousua ja on näin päätynyt aktiivilietelaitoksen sijasta öljynerotusaltaaseen. Mikäli kaasuhälytin on havainnut tämän aineen haihduttamon pumppukaivossa, oltaisiin sen päätyminen öljynerotusaltaaseen voitu estää ehkä jopa kokonaan ohjaamalla jätevedet aktiivilietelaitokselle välittömästi poikkeaman ilmettyä. Täytyy kuitenkin muistaa, että COD-arvon ko- hoamisen aiheuttanut aine on voinut kulkeutua kanaaliin myös muualta kuin haihduttamon pumppukaivon kautta.

Mittausjakson aikana oli useita tilanteita, joissa Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälytin mittasi korkeita hiilivetypitoisuuksia, mutta haihduttamon pumppukaivon johtokykymittauksen arvot olivat alhaiset. Vaikka varmuudella ei voida sanoa kaivon hiilivetypitoisuuden nousun johtuneen tärpästä, voidaan laitteen mittaustuloksista päätellä kaivoon päätyneen jotain sinne kuulumatonta hiilivety-yhdistettä. Näiden yhdisteiden pääsyä ympäristöön voidaan yrittää estää ryhtymällä tarvittaviin toimenpiteisiin kaasuhälyttimen mittausarvon normaali- litason ylittyessä.

Kaiken kaikkiaan Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälyttimen mit- taustulokset vaikuttavat lupaavilta. Pidemmällä aikavälillä kaasuhälytin vaatii toimiakseen luotettavan automatisoidun näytteenkäsittelyn, jonka suunnittelus- sa tulee ottaa huomioon laitteiston ylläpito. Näytteenkäsittelyjärjestelmän tulee olla luotettava, mutta sen tulee vaatia myös mahdollisimman vähän kunnossapi- totöitä. Kaasuhälyttimen mittausarvon hälytysrajojen lisäksi, tulee myös näyt- teenkäsittelyn virtausmittauksen hälytysrajat konfiguroida automaatiojärjestel- mään luotettavuuden lisäämiseksi. Luotettavuutta voidaan lisätä entisestään mittaamalla näytelinjasta virtaaman lisäksi myös näyttegaasun kosteutta.

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälyttimen toiminta voidaan var- mistaa tietyn väliajoin laitevalmistajan suosittelemilla kaasutesteillä. Kaasutes- teissä tulee käyttää laitteelle sopivaa kalibrointikaasua. Kalibrointikaasulla suori- tettavien kaasutestien lisäksi voidaan myös tärpättikaasulla tehtävät kokeet ot- taa osaksi kaasuhälyttimen ylläpitotoimenpiteitä.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää jäteveden sekaan päätyneen tärpätin havaitsemiseen soveltuvaa mittalaitetekniikkaa. Mittalaitteiden tuli soveltua sellutehtaan kenttäolosuhteisiin, joten laboratorio-olosuhteisiin tarkoitettuihin mittalaitteisiin ei perehdytty lainkaan.

Työn aikana selvisi, että tärpätin havaitseminen vesifaasista jäteveden analysointiin tarkoitetuilla mittalaitteilla on erittäin haastavaa. Suurin syy tähän on tärpätin liukenemattomuus veteen, minkä vuoksi edustavan näytteen ottaminen jätevesikanaalista on hankalaa. Niinpä työssä keskityttiin enemmän tärpättikaasun mittaamiseen soveltuviin mittalaitteisiin. Potentiaalisia mittalaitteita on erilaisia ja ne poikkeavat toisistaan mittaumenetelmiltään ja käyttötarkoituksiltaan. Jokaisella laitteella on omat hyvät ja huonot puolensa, minkä vuoksi kompromisseilta on vaikeaa välttyä mittalaitetta valittaessa.

Työssä testatuista kaasuhälyttimistä molemmat reagoivat tärpättikaasuun, mutta niiden mittaustulokset poikkeavat toisistaan selvästi. Ion Science TVOC:n todella alhaiset mittaustulokset epäilyttävät, sillä PID-teknologiaa hyödynnetään yleisesti nimenomaan VOC-yhdisteiden mittaamisessa. Tämä korostuu etenkin kun samaan mittaustekniikkaan perustuvan kannettavan GasAlertMicro 5 PID -monikaasuhälyttimen reagointi tärpättikaasuun oli todella voimakasta. Ion Science TVOC ei missään vaiheessa indikoinut vikatilanteista, mutta täytyy kuitenkin muistaa, ettei laitteen mukana tullut kalibrointikaasua, jolla laitteen toiminta oltaisiin voitu varmistaa. Näin ollen ei voida sivuuttaa mahdollisuutta, että testattava yksilö oli viallinen.

Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälyttimen mittaustulokset ovat lupaavia. Testien perusteella laite reagoi tärpättikaasuun nopeasti ja voimakkaasti. Laite on kalibroitu tärpätille, eli laitteen signaali on vahvimmillaan laitteen havaitessa tärpättikaasua. Laite kuitenkin reagoi myös muihin hiilivetyihin, minkä vuoksi laitteen havaitsemaa kaasua ei voida varmuudella pitää tärpättikaasuna.

Mikäli nähdään tarpeelliseksi tunnistaa näytekaasusta nimenomaan tärpätti, tulee kaasuhälyttimen sijasta hankkia FTIR-analysaattori tai prosessikaasukromatografi. Näitäkin laitteita käytettäessä tulee ensin kuitenkin varmistaa, pysyykö tärpätin molekyyli rakenne samanlaisena kaikissa olosuhteissa.

Mittalaitteen luotettavan toiminnan takaamiseksi tulee näytteenottojärjestelmää suunniteltaessa ottaa huomioon lipeälinjan kanaalin haastavat olosuhteet. Toimiva automatisoitu näytteenottojärjestelmä on mittalaitteen toiminnan edellytys ja se vähentää myös laitteiston ylläpidosta koituvia kunnossapitotöitä.

Vaikka Honeywell Searchpoint Optima Plus IR -kaasuhälytin ei tunnista jätevesikanaalissa olevia yhdisteitä, voidaan sen mittaustulosten perusteella huomata poikkeustilanteita talteenottolinjan osaprosessien toiminnassa. Poikkeaman aiheuttajaa voidaan yrittää paikantaa sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmään tallentuvien mittaustietojen, kuten tärpätin talteenottoon liittyvien säiliöiden pinnan korkeusmittausten avulla ja tehdä tarvittaessa muutoksia prosessiin päästöjen ehkäisemiseksi.

LÄHTEET

1. Yksi suurimmista ja nykyaikaisimmista. Tehdasesittely. 2013. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.
2. Stora Enso Oyj Oulun tehtaات. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/oulu-mill/Pages/tervetuloa-oulu-tehtaille.aspx>. Hakupäivä 4.12.2013.
3. Stora Enso Oyj Oulun tehtaات 2014. Sellutehdas. Yleisesittely. Sisäinen dokumentti.
4. KnowPulp 11.0 –oppimisympäristö. Saatavissa: <http://www.knowpulp.com>. Vaatii kirjautumisen. Hakupäivä 7.11.2013.
5. Isotalo, Kaija 2004. Puu- ja sellukemia. 3., uudistettu painos. Edita Prima Oy.
6. OVA-ohje: Tärpätti. 2013. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/tarpatti.pdf>. Hakupäivä 27.10.2013.
7. Gas book. 2007. Honeywell Analytics Inc. Saatavissa: <http://www.honeywellanalytics.com/Technical%20Library/Americas/Gas%20Book/Gas%20Book%20Americas.pdf>. Hakupäivä 5.11.2013
8. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. 2012. Työterveyslaitos. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/ohjearovot_tavoitetasot_haittatekij%C3%B6ille/tavoitetasot/Documents/TVOC_tavoitetasot_final_25052012.pdf. Hakupäivä 9.1.2014.
9. Biochemistry Study Guide. 2007. MobileReference. Saatavissa: <http://books.google.fi/books?id=SMwDgWBUSgcC&printsec=frontcover&hl=f i#v=onepage&q=turpentine&f=false>. Hakupäivä 16.1.2014.

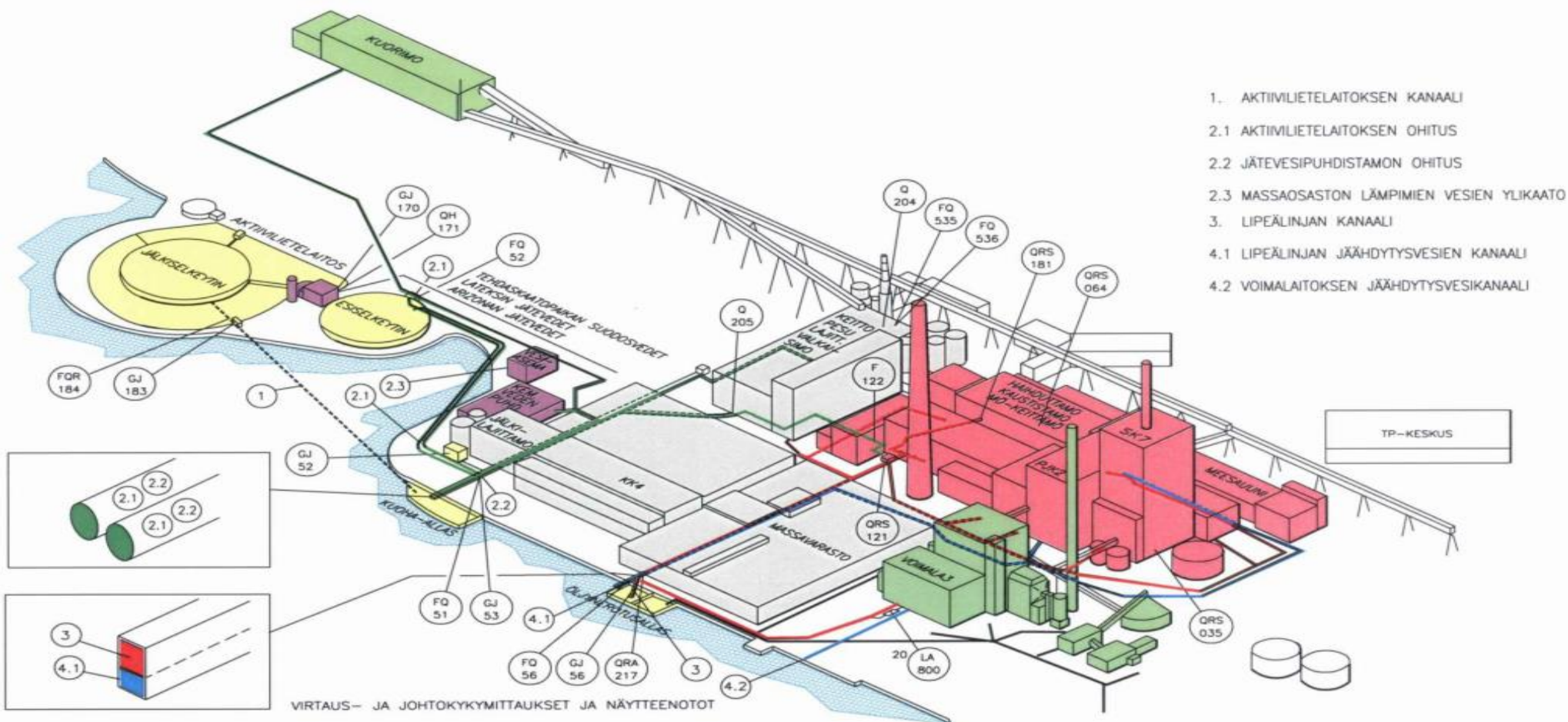
10. Käyttöturvallisuustiedote: Raakatärpätti, Kuidutuksesta saatava tärpättiöljy (TOPP). 2010. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.
11. Foran, C.D. 1999. Kamyr Digester Systems. Union Camp Corporation.
12. Condenser Operation. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.
13. Lipeälinja: Satunnaispäästöjen keräilyjärjestelmä. Prosessikaavio. 1999. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.
14. Säiliö ja kemikaalitietokanta: Lipeälinja. 2009. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.
15. Ilmola, Pekka 2014. Jäteveden mittaus. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Kivilahti, Vesa-Matti. 28.3.2014.
16. Hach BioTector Online Total Organic Carbon (TOC) Analyzer. Hach Company. Saatavissa: <http://www.hach.com/hach-biotector-online-total-organic-carbon-toc-analyzer/product?id=7640483445#>. Hakupäivä 24.4.2014.
17. Härkönen, Sakari – Lähteenmäki, Ilkka – Välimaa, Taisto 1997. Teollisuuden mittaustekniikka: Analyysimittaukset. 2. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
18. Päästömittausten käsikirja Osa 1. 2007. VTT Prosessit. Saatavissa: <http://www.isy.fi/osa1.pdf>. Hakupäivä 22.1.2014.
19. Päästömittausten käsikirja Osa 3. 2004. VTT Prosessit. Saatavissa: <http://www.isy.fi/Osa3.pdf>. Hakupäivä 10.2.2014.
20. Laboratorioanalyysit, kaasukromatografia. Opetushallitus. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_2-5_kasukromatografia.html. Hakupäivä 12.2.2014.
21. Kaasukromatografia. 2014. Wikipedia. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaasukromatografia>. Hakupäivä 12.2.2014.

22. Application Note AP-203, PIDs As HazMat Response Tools. RAE Systems Inc. Saatavissa:
http://www.raesystems.com/sites/default/files/downloads/FeedsEnclosure-AP-203_PIDs_and_HazMat.pdf. Hakupäivä 24.10.2013.
23. Kalliokoski, Jukka – Väisänen, Heikki 2013. Honeywell Oy:n ja Sarlin Oy Ab:n laite-esittely. 22.10.2013.
24. Sensor Technology. 2013. Delphian Corporation. Saatavissa:
<http://www.delphian.com/sensor-tech.htm>. Hakupäivä 8.1.2014.
25. Application Note AP-204, Pulp & Paper: Measuring Turpentine & ClO₂. RAE Systems Inc. Saatavissa:
http://www.raesystems.com/sites/default/files/downloads/FeedsEnclosure-AP-204_Pulp_and_Paper.pdf. Hakupäivä 5.11.2013.
26. Technical Note TN-144, Handling LEL Sensor Poisons. RAE Systems Inc. Saatavissa:
http://www.raesystems.com/sites/default/files/downloads/FeedsEnclosure-TN-144_LEL_Sensor_Poison.pdf. Hakupäivä 24.10.2013.
27. OVA-ohje: Metaani. 2012. Työterveyslaitos. Saatavissa:
<http://www.ttl.fi/ova/metaani.pdf>. Hakupäivä 5.11.2013.
28. Application Note AP-000, RAE Systems PID Training Outline. RAE Systems Inc. Saatavissa:
http://www.raesystems.com/sites/default/files/downloads/AP-000_PID_Training_Outline.pdf. Hakupäivä 24.10.2013.
29. Technical Note TN-106 Correction Factors, Ionization Energies*, And Calibration Characteristics. RAE Systems Inc. Saatavissa:
http://www.raesystems.de/sites/default/files/downloads/FeedsEnclosure-TN-106_Correction_Factors.pdf. Hakupäivä 13.1.2014.
30. Serchpoint Optima Plus Infrared Gas Detector – Operating Instructions. 2008. Honeywell Analytics Inc.

31. GasAlertMicro 5 monikaasuhälyttimet -esite. 2008. Honeywell International Ltd. Saatavissa: <http://www.sarlin.com/loader.aspx?id=5fab2a40-e357-44d3-b0b7-d3e36d4fa47e>. Hakupäivä 10.2.2013.
32. GasAlertMicro 5 PID. BW Technologies by Honeywell. Saatavissa: <http://gasmonitors.com/main.cfm?sub3=60&page=prodpage1&pid=1>. Hakupäivä 3.2.2014.
33. GasAlertMicro 5/PID/IR User Manual. 2009. BW Technologies. Saatavissa: <http://www.gasmonitors.com/main.cfm?sub3=60&page=pdf&doc=2&pid=32>. Hakupäivä 3.11.2013.
34. Väisänen, Heikki 2013. Tärpättimittaus/testaus. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Kivilahti, Vesa-Matti. 1.11.2013.
35. Sellutehtaan tiedonkeruujärjestelmä. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.
36. Dynamic Adsorbents Drysphere™-tuote-esite. Dynamic Adsorbents Inc. Saatavissa: <http://www.dynamicadsorbents.com/dryspherealumina.htm>. Hakupäivä 29.1.2014
37. TVOC Instrument User Manual V4.3. 2009. Ion Science Ltd. Saatavissa: <http://www.ionscience.com/assets/files/manuals/TVOC%20Manual%20V4.3.pdf>. Hakupäivä 3.2.2014.
38. Turpentine. Ion Science Ltd. Saatavissa: <http://www.ionscience.com/search-results/gas-or-formula-details?gasid=574>. Hakupäivä 3.2.2014.
39. Jätevesien muodostuminen. Stora Enso Oyj. Sisäinen dokumentti.

Stora Enso Oyj
Oulun tehdas
Sellutehdas

JÄTEVESIEN MUODOSTUMINEN



TÄRPÄTTI**HTP-arvo**

HTP _{8h}	25 ppm (140 mg/m ³)	Huomautus: imeytyy ihon kautta
HTP _{15min}	50 ppm (280 mg/m ³)	Huomautus: imeytyy ihon kautta

HTP-arvo eli haitalliseksi tunnettu pitoisuus työpaikan ilmassa on pienin aineen pitoisuus, jonka on arvioitu aiheuttavan terveydellistä haittaa.

IDLH-arvo

IDLH_{30min} 800 ppm (4500 mg/m³)

IDLH (Immediately dangerous to life and health) -arvo on maksimipitoisuus, jolle terve työntekijä voi altistua 30 minuutiksi saamatta palautumattomia terveydellisiä vaurioita tai poistumista vaikeuttavia vammoja.

TEEL-arvot

TEEL-0_{15min} 20 ppm (110 mg/m³)

Kynnysarvo, jota pienemmissä pitoisuuksissa lähes kaikki ihmiset voivat olla 15 minuutin ajan ilman merkittävää terveysriskiä.

TEEL-1_{15min} 20 ppm (110 mg/m³)

Suurin pitoisuus, jossa lähes kaikkien ihmisten arvioidaan voivan olla 15 minuutin ajan saaden enintään vähäistä, tilapäistä terveyshaittaa tai tuntien pahaa hajua.

TEEL-2_{15min} 20 ppm (110 mg/m³)

Suurin pitoisuus, jossa lähes kaikkien ihmisten arvioidaan voivan olla 15 minuutin ajan ilman vaaraa saada palautumattomia tai muita vakavia terveyshaittoja tai oireita, jotka heikentävät kykyä suojautua altistumiselta.

TEEL-3_{15min} 800 ppm (4500 mg/m³)

Suurin pitoisuus, jossa lähes kaikkien ihmisten arvioidaan voivan olla 15 minuutin ajan ilman hengenvaaraa.